

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено
Завідувач кафедри
_____ **В.О. Гондлях**
«_____» _____ 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050502 – Інженерна механіка
на тему: Млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника

Виконав студент 4 курсу, групи ЛП – 51(2)
(шифр групи)

Бондаренко Павло Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник д. т. н., проф. Карвацький А.Я.
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультанти з розділів:

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ та ОХОРОНА ПРАЦІ доц. Ковтун І.М.

МОДЕРНІЗАЦІЯ д.т.н., проф. Щербина В.Ю.

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ ст.викл. Борщик С.О.

РЕЦЕНЗЕНТ _____
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у
цьому дипломному
проекті немає запозичень з
праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент Бондаренко П.О.

(підпис)

Київ 2019 рік

Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність 6.050502 – інженерна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Гондлях

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«_____» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Бондаренку Павлу Олександровичу

(П.І.Б.)

1. Тема проекту: Млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника

керівник проекту: проф., д.т.н. Карвацький Антон Янович

затверджена наказом по університету від

2. Строк подання студентом проекту « » _____ 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту : насипна густина матеріалу $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, середній розмір шматка $D_{\text{сер}} = 0.02 \text{ м}$, діаметр ролика $D = 0.3 \text{ м}$, кількість маятників $z = 4$, ступінь подрібнювання $i = 30$, коефіцієнт тертя ролика по матеріалу $f = 0.35$.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Пояснювальна записка містить текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла». ПЗ включає такі розділи: «Зміст», «Вступ», «Призначення й галузь застосування виробу, що проектується», «Технічна характеристика базової машини», «Опис конструкції, її основних частин і принципу дії», «Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування модернізованої (розроблюваної) конструкції», «Охорона праці й навколишнього середовища», «Очікувані механіко-економічні показники», «Загальні висновки», «Перелік посилань».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

5.1. Загальний вигляд машини А1;

5.2. Технологічна схема А2;

- 5.3. Вузли деталі машини А2;
 5.4. Вузол підвісу маятника А2;
 5.5. Муфта А2;
 5.6. Патрон пневматичний А1.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ТБ та ОП	доц. Ковтун І.М.		
Модернізація	д.т.н., проф.. Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	ст.викл. Борщик С.О.		

7. Дата видачі завдання:

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Отримання завдання для дипломного проекту.		
2.	Проходження переддипломної практики.		
3.	Здійснення пошуку патентів- 15 шт. Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.		
4.	Обґрунтування модернізації.		
5.	Підготовка розділу «Пояснювальна записка»		
6.	Виконання розрахунків.		
7.	Підготовка розділу «Розрахунки»		
8.	Підготовка розділу «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла»		
9.	Робота над кресленнями в CAD-системах COMPAS і SolidWorks.		
10.	Захист дипломного проекту		

Студент

 (підпис)

Бондаренко П.О.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

 (підпис)

Карвацький А.Я.

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	106
РЕФЕРАТ (укр.).....	1
РЕФЕРАТ (англ.).....	1
РЕФЕРАТ (рос.).....	1
ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	24
РОЗРАХУНКИ	31
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	27
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	2
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	4
ДОДАТКИ.....	15

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему «Млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника» складається з пояснювальної записки: 24 с., 28 рис., 4 табл., 3 додатків, 37 джерел; 7 креслень.

Об'єкт розробки і проектування - млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника.

Мета проекту - розробка і проектування згідно технічного завдання млина маятникового для помелу гіпсу будівельного на базі існуючих аналогів у промисловості; здійснення модернізації вузла підвісу маятника.

Методи розробки і проектування - аналітичні, розрахункові, (експериментальні), проектувальні з використанням апробованих методик, числових методів, комп'ютерних програм, нормативних документів.

У дипломному проекті наведено принцип роботи та конструкцію млина маятникового, проаналізовано технічні параметри і характеристики його роботи. Виконано ряд інженерних розрахунків: параметричні, кінематичні та на міцність, які є необхідними для розробки і проектування машини, відповідно до технічного завдання. Базова конструкція маятникового млина має недолік у тому, що інтенсивність та ефективність руйнування матеріалу можна досягати лише змінюванням кутової швидкості вертикального валу, що звужує технологічні можливості млина. На підставі патентно-літературного пошуку розроблено технічне рішення у вигляді корисної моделі із вдосконалення маятникового млина, що забезпечує регулювання зусилля дроблення, що діє на оброблюваний матеріал з боку роликів, не лише за рахунок змінювання кутової швидкості вертикального валу, а й за рахунок зміни довжини маятників і радіуса їх підвісу на стрижнях хрестовини, що розширює технологічні можливості млина.

Ключові слова: МЛИН МАЯТНИКОВИЙ, ГПС, ПОМЕЛ, РОЗРОБКА, ПРОЕКТУВАННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПАТЕНТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, КОРИСНА МОДЕЛЬ

РЕФЕРАТ

Дипломный проект на тему «Мельница маятниковый с модернизацией узла подвеса маятника» состоит из пояснительной записки: 24 с., 28 рис., 4 табл., 3 дополнений, 37 источников; 7 чертежей.

Объект разработки и проектирования – мельница маятниковая с модернизацией.

Цель проекта – разработка и проектирование согласно технического задания мельницы маятниковой для помола строительного гипса на базе существующих аналогов в промышленности; осуществление модернизации узла подвеса маятника мельницы.

Методы разработки и проектирования, аналитические, расчетные, (экспериментальные), проектировочные с использованием апробированных методик, численных методов, компьютерных программ, нормативных документов.

В дипломном проекте приведен принцип работы и конструкцию мельницы маятниковой, проанализированы технические параметры и характеристики его работы. Выполнен ряд инженерных расчетов: параметрические, кинематические и на прочность, которые необходимы для разработки и проектирования машины, в соответствии с техническим заданием. Базовая конструкция маятниковой мельницы имеет недостаток в том, что интенсивность и эффективность разрушения материала можно достичь только изменением угловой скорости вертикального вала, что сужает технологические возможности мельницы. На основании патентно-литературного поиска разработано техническое решение в виде полезной модели по совершенствованию маятниковой мельницы, что обеспечивает регулирования усилия дробления, что действует на обрабатываемый материал со стороны роликов, не только за счет изменения угловой скорости вертикального вала, а за счет изменения длины маятников и радиуса их подвеса на стержнях крестовины, что расширяет технологические возможности мельницы.

Ключевые слова: МЕЛЬНИЦА МАЯТНИКОВАЯ, ГИПС, ПОМОЛ, РАЗРАБОТКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, РАСЧЕТЫ, ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОЛЕЗНАЯ МОДЕЛЬ

ABSTRACT

Diploma project on the theme of "Pendulum mill with the modernization of the node of the suspension of the pendulum" consists of the explanatory note: 24 pp., 28 rites, 4 tables., 3 applications, 37 sources; 7 draws.

The object of development and design - pendulum mill with modernization.

The purpose of the project - development and design according to the specification of the pendulum mill for grinding construction gypsum on the basis of existing analogues in the industry; implementation of modernization of the pendulum mill.

Methods of development and design, analytical, computational, (experimental), design using proven techniques, numerical methods, computer programs, regulations.

The thesis project presents the principle of operation and design of the pendulum mill, analyzed the technical parameters and characteristics of its operation. A number of engineering calculations: parametric, kinematic, strength; necessary for the development and design of the machine, in accordance with the technical specifications. The basic design of the pendulum mill has the disadvantage that the intensity and efficiency of the destruction of the material can only be achieved by changing the angular velocity of the vertical shaft, which narrows the technological capabilities of the mill. On the basis of patent and literary search the technical solution in the form of a useful model for improving the pendulum mill is developed, which ensures the regulation of the crushing force, which acts on the processed material from the rollers, not only by changing the angular velocity of the vertical shaft, but by changing the length of the pendulums and the radius of their suspension on the cross rods, which extends the technological capabilities of the mill.

Key words: PENDULAR MILL, GYPSUM GRINDING, DEVELOPMENT, DESIGN, MODERNIZATION, CALCULATIONS, PATENT RESEARCH, UTILITY MODEL

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

Умовні позначення:

B – ширина ролика, мм;

b – вектор масових сил, наприклад, гравітаційних, Н/кг;

D – діаметр, м;

d – діаметр ролика, мм;

$D_{\text{сер}}$ – середній діаметр матеріалу до початку подрібнення ;

$d_{\text{сер}}$ – кінцевий розмір продукту, мм;

d_w – міжосьова відстань, мм;

E – модуль пружності, МПа;

F_c – відцентрова сила, Н;

F_g – сила тяжіння, Н;

F_r – результуюча сила, Н;

F_2 – сила подрібнення, Н;

F_p – вектор зовнішньої сили у точці P , Н;

f – коефіцієнт тертя матеріалу;

G – вага ролика, Н;

\hat{I} – одиничний тензор другого рангу;

i – ступінь подрібнювання;

K – коефіцієнт запасу міцності;

l – довжина валу, мм;

M_r – крутний момент, Нжм;

$M_{зг}$ – згинальний момент, Нжм;

m_n – нормальний модуль зубців;

N – загальна потужність, кВт;

N_1 – потужність, що витрачається на перекочування роликів, кВт;

N_2 – потужність, що витрачається на подолання тертя при ковзанні роликів, кВт;

N_3 – потужність приводу пальцеподібних скребків та витрат в інших вузлах млина, кВт;

n – частота обертання, об./с ;

P – сила стискання матеріалу, МН;

P_u – відцентрова сила інерції, кН;

R – відстань від осі обертання хрестовини (валу млина) до осі ролика (осі-маятника), мм;

DS_p – елементарна площадка поверхні тіла в околі точки P , м²;

T_m – номінальний момент на муфті, Нжм;

u – передаточне число машини;

u – вектор переміщень, м;

u – швидкість, м/с;

$v_{ск}$ – швидкість ковзання ролика, м / с;

v_r – колова швидкість ;

z – число роликів;

α – кут захвату, град;

β – центральний кут, рад;

γ – кут нахилу зуба, град;

δ – товщина розмельного кільця, мм;

η_k – ККД конічної пари колес;

η_m – ККД муфти;

$\eta_{\text{під}}$ – ККД пари підшипників;

η_p – ККД редуктора;

$\eta_{\text{ц}}$ – ККД циліндричної пари колес;

$\hat{\epsilon}$ – симетричний тензор другого рангу пружних деформацій;

m – коефіцієнт розпушування;

ρ – об'ємна маса матеріалу, т/м³ ;

σ – границя міцності матеріалу на стирання, Па;

σ_T – межа текучості, МПа;

$\hat{\sigma}$ – симетричний тензор напружень другого рангу, Па;

Скорочення:

ІХФ - інженерно-хімічний факультет;

ПЗ - пояснювальна записка;

РР – Розрахунки;

ТЕ – Технологія машинобудування.

Індекси:

r - відноситься до шківа;

k – відноситься до конічної пари;

m – відноситься до муфти;

під – відноситься до підшипнику;

ц – відноситься до циліндричної пари;

p – відноситься до редуктора;

сер- відноситься до середнього значення;

0 – відноситься до початкового значення.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему: «Млин маятниковий з модернізацію вузла підвісу маятника»

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 Призначення та галузь застосування маятникового млина	3
1.1 Технологічна схема виробництва будівельного гіпсу з використанням маятникового млина.....	3
2 Технічні характеристики маятникового млина	5
3 Опис базової конструкції та принципу роботи млина маятниковго	6
4 Літературний та патентний огляд.....	8
4.1 Аналіз знайдених нових технічних рішень, відповідно до теми дипломного проекту.....	10
4.2 Обґрунтування способу модернізації маятника млина маятникового	14
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	17
5.1 Повітря у робочій зоні.....	17
5.2 Електробезпека	18
5.3 Пожежна небезпека	21
6 Очікувані механіко-економічні показники	23
ВИСНОВКИ	24

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Бондаренко П.О.					1	25	
Перевір.		Карвацький А.Я.							
Реценз.									
Н. Контр.									
Затверд.		Гондлях О.В.							
						КПІ ім. Ігоря Сікорського			

ВСТУП

Актуальністю розробки є: проектування млину, що має зручну та ефективну конструкцію, є важливою технічно – конструкторською задачею промисловості матеріалів будівельних.

Метою розробки є млин маятниковий, який широко застосовується як важлива складова промисловості матеріалів будівельних.

За мету бакалаврського проекту, згідно із “Завданням”, визначено розробку і проектування млина маятникового, призначеного для забезпечення працездатності технологічної лінії виробництва будівельних матеріалів.

В результаті пошуку нових технологічних рішень, що необхідні для проектування модернізованого млина маятникового, було вирішено розробити нову корисну модель як нове оптимальне технічне рішення, що застосовано в дипломному проекті. В результаті модернізованого млина маятникового спроектовано його нову, покращену конструкцію, яка повинна покращити ефективність подрібнення, шляхом регулювання зусилля дроблення, та якість продукту, що необхідно виготовити.

Апарати типу як млин маятниковий широко застосовують у хімічній, гірничорудній і промисловості будівельних матеріалів. Їх застосовують для помелу матеріалів для подальшої переробки або обробки[2,4].

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та галузь застосування маятникового млина

Маятникові млини – машини безперервного подрібнення, робочим органом яких є маятник, котрий здійснює обертові та зворотно-поступальні рухи.

Призначенням таких млинів є тонкий помел м'яких, малої та середньої міцності порід (глини, гіпсу, крейди, графіту) у хімічній, харчовій, гірничій та інших галузях промисловості.

Машини такого типу як маятниковий млин широко використовуються в хімічній, будівельній та інших галузях промисловості. Їх застосовують для помелу матеріалів [2, 4].

1.1 Технологічна схема виробництва будівельного гіпсу з використанням маятникового млина

Технологічна схема виробництва будівельного гіпсу (рисунок 1.1) має дві основні складові: перша – дроблення та помел, друга – очищення та варіння гіпсу[1].

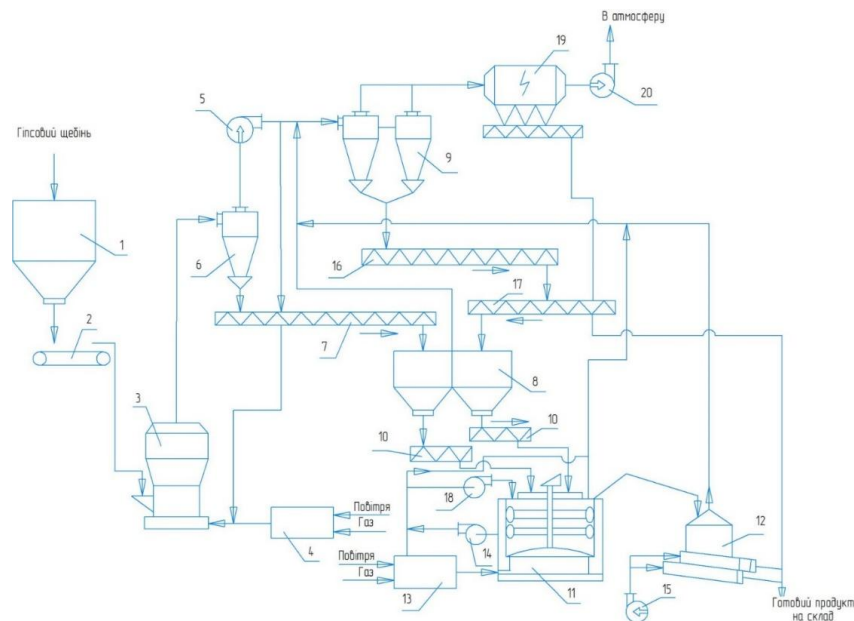
Гіпсовий камінь доставляють на завод із кар'єра автосамоскидами 1. Потім вивантажують його в приймальний бункер 2, із якого стрічковим живильником 3 подається в щоккову дробарку 4 на дроблення. Гіпсовий щебінь після дроблення ланцюговим живильником 5 подається в маятниковий млин 6. Димові гази, отримані від спалювання палива у печі 7 за рахунок тяги, створюваної вентилятором 8, підхоплюють подрібнений продукт і направляються в циклон першого ступеня очищення 9. Уловлені частинки гіпсу гвинтовим конвеєром 10 направляються в бункер сировинної муки 11. Більш тонке очищення димових газів здійснюється в циклонах другого ступеня 12 і електрофільтрі 22. Осаджений пил гвинтовими конвеєрами 19 і 20 також подається в бункер 11, з якого за допомогою гвинтових конвеєрів 13 подається в гіпсоварний котел безперервної дії

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. За рахунок безперервної подачі в котел свіжого гіпсового порошку в ньому протягом всього процесу теплової обробки підтримується постійний парціальний тиск водяної пари, що забезпечує отримання готового продукту одноріднішого речовинного складу.

Гіпсоварний котел обігрівається димовими газами, що утворюються від спалювання природного газу в печі 16. За допомогою всмоктувачів диму 17 і 21 проводиться розбавлення димових газів за рахунок вторинного повітря перед їх надходженням в гіпсоварний котел.

Готовий продукт, володіючи меншою щільністю, ніж вихідний дегідрат сульфату кальцію, спливає вгору і через патрубок безперервно видаляється з котла в холодильник (кондиціонер) 15. Охолодження будівельного гіпсу здійснюється за рахунок подачі по трубах вентилятором 18 повітря[1].



- 1 – бункер; 2 – ланцюговий живильник; 3 – маятниковий млин; 4 – піч;
 5 – вентилятор; 6 – циклон; 7 – гвинтовий конвеєр; 8 – бункер; 9 – циклон;
 10 – гвинтовий конвеєр; 11 – гіпсоварний котел; 12 – холодильник; 13 – піч; 14 –
 всмоктувач диму; 15 – вентилятор; 16 – гвинтовий конвеєр;
 17 – гвинтовий конвеєр; 18 – всмоктувач диму; 19 – електрофільтр;
 20 – вентилятор

Рисунок 1.1 – Технологічна лінія виробництва будівельного гіпсу

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічні характеристики маятникового млина

Технічні характеристики маятникового млина наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики маятникового млина

№	Назва параметру	Позначення параметру	Одиниці виміру	Значення
1	Насипна густина матеріалу	ρ	кг/м ³	1800
2	Середній розмір шматка	$D_{\text{сер}}$	м	0,02
3	Діаметр ролика	D	м	0,3
4	Кількість маятників	z	—	4
5	Ступінь подрібнювання	i	—	30
6	Коефіцієнт тертя ролика по матеріалу	f	—	0,35
7	Габаритні розміри: – довжина; – ширина; – висота.	L S H	м м м	4,325 3 4,544

3 Опис базової конструкції та принципу роботи млина маятниковго

Маятникові млини – машини безперервного подрібнення, робочим органом яких є маятник, котрий здійснює обертові та зворотно-поступальні рухи.

Призначенням таких млинів є тонкий помел м'яких, малої та середньої міцності порід (глини, гіпсу, крейди, графіту) у хімічній, харчовій, гірничій та інших галузях промисловості.

Машини такого типу як маятниковий млин широко використовуються в хімічній, будівельній та інших галузях промисловості. Їх застосовують для помелу матеріалів[2–4].

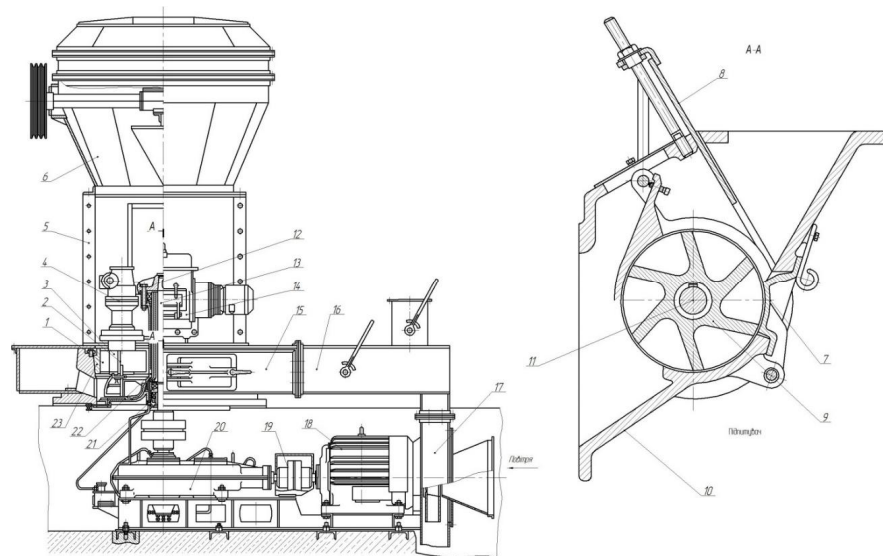
Маятниковий млин (рисунку3.1) має таку конструкцію. На вертикальному валу 13 закріплено хрестовину 12, на яку підвішені чотири маятника 4.

Конструкція маятника має наступну конфігурацію: всередині корпусу на підшипниках встановлено внутрішній стакан 2, у нижній конічній частині якого закріплено ролик 1. Маятник має таку будову, яка дає змогу внутрішньому стакану переміщуватись поперек корпусу маятника. За обертання вертикального валу унаслідок впливу відцентрової сили інерції маятники розходяться, притискаючись своїми роликами до нерухомого розмельного кільця 23, подрібнюючи матеріал, який проходить поперек корпусу вертикального валу та заважає потраплянню подрібнюваного матеріалу в підшипникові вузли 21. Для подачі матеріалу в дробарку застосовано роторний живильник – дозатор 14, який складається з корпусу 10, шибера 8, ущільнювальних секторів 7, котрі шарнірно підвішені на корпусі 10 та мають фіксуючі пристрої, ротора-живильника 9, закріпленого на валу 11 за допомогою шпонки, а також індивідуального електродвигуна 18 з редуктором 20. На нерухомому розмельному кільці 23 встановлюється кільцевий колектор 15, з'єднаний трубопроводами 16 з відцентровим вентилятором 17. На верхній площині кільця 23 закріплений

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рознімний корпус 5 зварної конструкції, у верхній частині якого розміщений сепаратор 6.

Подрібнений матеріал потоком повітря, які надходять через кільцевий колектор 15 у корпус млина, підхvacується і виноситься у сепаратор 6. Відібрані у сепараторі великі частини матеріалу випадають у млин, де й домелюються, а дрібний продукт надходить до циклона, де осаджується та потім відводиться. Повітря через циклон частково спрямовується назад до млина, а частково проходить через рукавний фільтр, очищується та потім виходить до атмосфери. Маятниковому млину надає рух електродвигун 18 через редуктор 20 за допомогою пружних втулково-пальцевих муфт 19[2,4].



- 1 – ролик; 2 – внутрішній стакан; 3 – корпус-стакан; 4 – маятник;
 5 – рознімний корпус; 6 – сепаратор; 7 – ущільнювальні сектори; 8 – шибер;
 9 – ротор-живильник; 10 – корпус; 11 – вал; 12 – хрестовина;
 13 – вертикальний вал; 14 – дозатор; 15 – кільцевий колектор;
 16 – трубопровід; 17 – відцентровий вентилятор; 18 – індивідуальний
 електродвигун; 19 – муфта; 20 – редуктор; 21 – підшипникові вузли;
 22 – стакан; 23 – нерухоме розмельне кільце

Рисунок 3.1 – Загальний вид маятникового млина

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Літературний та патентний огляд

Мета – проведення літературно – патентного пошуку та вибору технічного рішення з його подальшим обґрунтуванням, що забезпечить більш ефективне подрібнення та регулювання зусилля дроблення у порівнянні з діючим обладнанням.

В [2-4] наведені типові конструкції ролико-маятникових млинів. За базову конструкцію було взято [2] (рисунок 4.1), що містить корпус, встановлений у ньому вертикальний вал з хрестовиною, на стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею розмельного кільця, а також встановлений над хрестовиною сепаратор.

З метою вдосконалення базової конструкції млина було здійснено патентний пошук для вирішення конструктивного рішення по удосконаленню пристрою регулювання маятника.

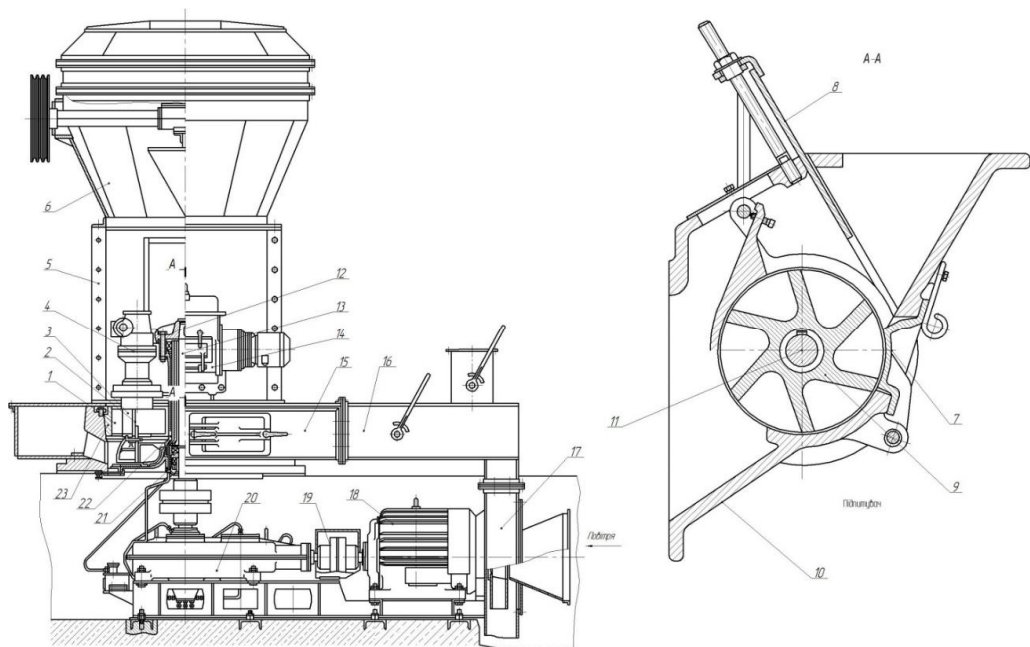


Рисунок 4.1 – Загальний вид маятникового млина

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

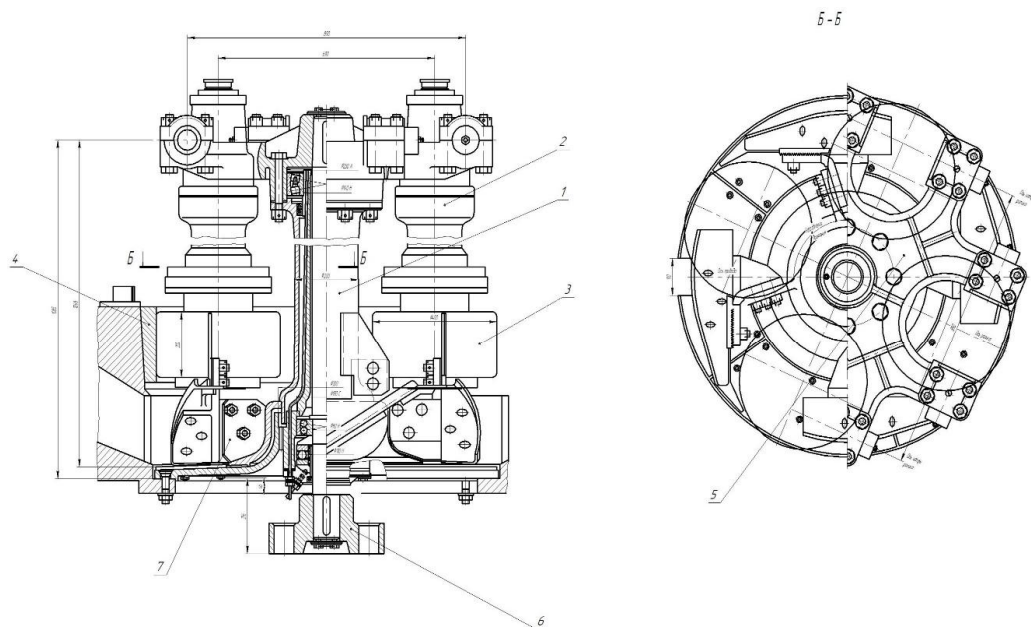


Рисунок 4.2 – Розмельний вузол маятникового млина

Даний вузол маятникового млина має недолік у тому, що інтенсивність та ефективність руйнування матеріалу можна досягати лише змінюванням кутової швидкості вертикального валу, що звужує технологічні можливості млина.

Для вирішення цього недоліку було здійснено пошук та розгляд 15 патентів.

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Аналіз знайдених нових технічних рішень, відповідно до теми дипломного проекту

Відповідно до теми дипломного проекту було здійснено пошук 15 патентів, що представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Таблиця розглянутих патентів

№ з/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид та номер документу	Сутність технологічного рішення та ціль його створення
1	2	3	4
1	Маятниковий млин	<u>B02C15/00</u> CN104162469 (A)	Блок гомогенізації живлення розташований роздільником дифузії, що розташований на кронштейні внутрішньої порожнини кожуха, і розвантажувальний отвір розташований на живильній трубці сформований над роздільником, живильний порт живильної трубки розташований поза кожухом [5].
2	Маятниковий млин	B02C17/14; CN104437766 (A)	Шліфувальний циліндр маятника на вигнутій основі, на якій рейки зворотно-поступального руху та розвантажувальні пристрої закріплені на обох кінцях основи через підшипники, і рухаються з шліфувальним циліндром [6].
3	Маятниковий млин	B07B7/083 CN108435337 (A)	Вхідний отвір являє собою отвір з регульованим об'ємом повітря, а вентиляційний отвір з'єднаний з подачею

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			матеріалу [7].
4	Маятниковий млин	B02C15/00 (RU2673191C2	Зазначені вставки мають відношення об'єму до площі поверхні(V/ S)в інтервалі між 3 та 5см, переважно між 3,2 4,5 см [8].
5	Маятниковий млин	B02C15/00 RU 2609258C2	Жолоб подачі вхідного матеріалу розділений перегородками щонайменше на два канали, забезпечений лотками, виконаними зі скосами, і прикріплений до першої торцевій стінки під гострим кутом до площини розподільного столу, при цьому розподільний стіл розташований над подрібнювальним валком уздовж всієї ширини циліндричного корпусу і прикріплений до торцевих стінок, причому направляючі пластини розташовані під лотками і встановлені на розподільному столі віялом [9].
6	Маятниковий млин	B02C 7/18 RU2110325C1	Робочі органи виконані у вигляді набору поставлених на ребро плит, виготовлених з каменю твердих гірських порід, наприклад граніту, базальту або із залізобетону високих марок, або з легкого залізобетону з робочими поверхнями з набору листів сталі або хімволокон твердих сортів, розділеними по вертикалі на частини по виду нарізки, або насічки рифлей з двосторонніми гранями

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			різання [10].
7	Маятниковий млин	<i>B02C15/04</i> JP2019504764A	Ексцентрикова втулка має ексцентрикову товщину стінки над кутовою площею стінки втулки, яка становить менше 180°, зокрема близько 90 ° до 120 °. Ексцентрикова товщина стінки втулки забезпечується в зоні близько 90 ° головного валу [11].
8	Маятниковий млин	<u>B02C15/02</u> US2011278386A1	Приводний механізм розташований вільно підвішеним до нижньої стінки корпусу млина. Приводний механізм являє собою прямий привід. Прямий привід має вихідний вал, ідентичний приводному валу. Монтажна пластина є роз'ємною і з'єднана з нижньою стінкою корпусу млина [12].
9	Маятниковий млин	B02C15/02 RU2108866	Маятниковий підвіс утворює з площиною обертання хрестовини гострий кут, що забезпечує перекочування бочкоподібних роликів з ковзанням по розмельному кільцю з внутрішньою конічною поверхнею [13].
10	Маятниковий млин	<u>B02C15/02</u> RU2393018C1	До ротора, що має свободу радіальних переміщень, прикладають радіальну силу до контакту з опорною поверхнею, при подачі матеріалу приводять ротор в обертання з кутовою частотою ω , вимірюють кутову частоту Ω його радіальних коливань,

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			і завданням сили контакту і обертального моменту підтримують відношення Ω/ω близьким до відношення $r/(R-r)$, де R і r відповідно радіуси опорної поверхні і ротора в місці їх контакту [14].
11	Маятниковий млин	B02C 15/06 RU2484902C2	Пристрій видалення матеріалу включає в себе напрямні пластини, так щоб воно підходило для кутової відстані від -5 до 5 градусів [15].
12	Маятниковий млин	B02C 15/10 RU2345838C2	Пристрій для притискання валка виконано у вигляді незалежних притискують систем, кожна з яких пов'язана з одним з кінців валка, валок забезпечений датчиком положення його осі в площині, що проходить через осі валка і циліндричного корпусу, кожна з притискують систем пов'язана, принаймні, з одним датчиком положення осі валка негативним зворотним зв'язком [16].
13	Маятниковий млин	B02C 15/10 RU2004123075A	Розпушений матеріал після кожного його проходу під валком подають під валок у вигляді стрічки однаковою по її ширині масою, а роздавлювання і стирання подрібнюваного матеріалу ведуть при тиску, необхідному для видалення порожнеч між частинками матеріалу [17].

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14	Маятниковий млин	B02C 15/10 RU2480287C1	Внутрішній ротор розміщений в нижній частині зовнішнього ротора всередині і обертається в протилежну сторону [18].
15	Маятниковий млин	B02C15/06 RU2339450C1	До ротора, що має свободу радіальних переміщень, прикладають радіальну силу до контакту з опорною поверхнею, при подачі матеріалу приводять ротор в обертання з кутовою частотою ω , вимірюють кутову частоту Ω його радіальних коливань, і завданням сили контакту і обертального моменту підтримують відношення Ω/ω близьким до відношення $r/(R-r)$, де R і r відповідно радіуси опорної поверхні і ротора в місці їх контакту [19].

4.2 Обґрунтування способу модернізації маятника млина маятникового

Здійснивши даний пошук патентів, було вирішено створити нове технологічне рішення у вигляді корисної моделі [28].

В основу пропонованої корисної моделі покладено задачу вдосконалити ролико-маятниковий млин, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує регулювання зусилля дроблення, що діє на оброблюваний матеріал з боку роликів, не лише за рахунок змінювання кутової швидкості вертикального валу, а й за рахунок зміни довжини маятників і радіуса їх підвісу на стрижнях хрестовини, що розширює технологічні можливості млина.

Поставлена задача вирішується тим, що в ролико-маятниковому млині, що містить корпус, встановлений у ньому вертикальний вал з хрестовиною, на

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею розмельного кільця, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що шарніри маятників змонтовано з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів хрестовини, хрестовину закріплено на вертикальному валу з можливістю зміни її положення вздовж нього, а маятники виконано регульованої довжини.

Розташування шарнірів маятників з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів хрестовини, закріплення хрестовини на вертикальному валу з можливістю зміни її положення вздовж нього, а також виконання маятників регульованої довжини разом з кутовою швидкістю вертикального валу забезпечує широкі можливості щодо регулювання зусилля дроблення, що діє на оброблюваний матеріал з боку роликів. У свою чергу це дає змогу подрібнювати широкий клас матеріалів, що розширює технологічні можливості млина.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображено поздовжній розріз пропонованого млина.

Ролико-маятниковий млин містить споряджений живильником 1 корпус 2, встановлений у корпусі 2 вертикальний вал 3 з хрестовиною 4, на стрижнях 5 якої за допомогою шарнірів 6 підвішені маятники 7 з роликами 8 на їхніх нижніх кінцях. Ролики 8 встановлені з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею 9 розмельного кільця 10. Над хрестовиною 4 розташований сепаратор 11. При цьому шарніри 6 маятників 7 змонтовано з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів 5 хрестовини 4, хрестовину 4 закріплено на вертикальному валу 3 з можливістю зміни її положення вздовж нього, а маятники 7 виконано регульованої довжини, наприклад, телескопічними [28].

Млин працює в такий спосіб.

У корпус 2 живильником 1 подається матеріал, що підлягає подрібненню. Під час обертання вертикального валу 3 з хрестовиною 4 під дією відцентрової сили маятники 7 розходяться, і ролики 8 притискаються до внутрішньої поверхні 9 розмельного кільця 10. У результаті відбувається руйнування оброблюваного

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалу між роликами 8 і розмельним кільцем 10. Подрібнений до потрібного ступеня матеріал захоплюється висхідним потоком повітря і в сепараторі 11 відокремлюється від нього, після чого видаляється за межі млина[28].

Пропонована корисна модель розширює технологічні можливості ролико-маятникового млина.

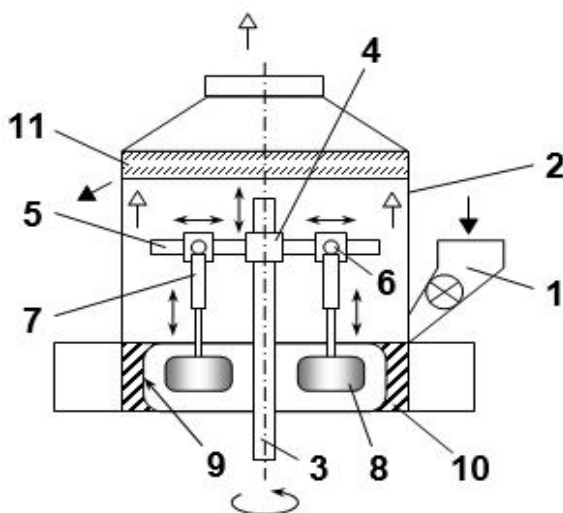


Рисунок 4.3 – Маятниковий млин з модернізацією маятника

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці охоплює такі питання: безпека праці, усунення факторів, що можуть викликати травматизм і попередження можливих захворювань, аварійних випадків на виробництві, проблеми з правовою частиною охорони праці.

Згідно з темою дипломного проекту «Млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника» при роботі лінії з виробництва будівельного гіпсу розроблено заходи для забезпечення безпечних умов праці.

Під час роботи машини оператор знаходиться у приміщенні, яке встановлено у виробничому цеху, площа та об'єм якого $S = 80 \text{ м}^2$, $V = 520 \text{ м}^3$, було виявлено, що шкідливими та небезпечними факторами є:

- повітря в робочій зоні;
- електробезпека;
- пожежна безпека;

Тому необхідно провести аналіз вище перерахованих шкідливих та небезпечних факторів[20].

5.1 Повітря у робочій зоні

Робота оператора з обслуговування лінії відноситься до категорії легких фізичних робіт. Енерговитрати людини в цеху досягають 150 ккал/г (172 Дж/с) по ДСН 3.3.6.042-99[20]. Відповідно до категорії, середні оптимальні параметри метрологічних умов в робочій зоні маятникового млина складають:

В холодний період року:

- температура повітря – $(21...25)^\circ\text{C}$,
- відносна вологість – 40-60%,

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидкість руху повітря – 0,1 м/с.

В теплий період року:

- температура повітря – (23...25)°С,
- відносна вологість – 40-60%,
- швидкість руху повітря – 0,1 м/с.

Метеорологічні параметри забезпечені за допомогою проточної витяжної вентиляції в теплий період року та опаленням центральним – у холодний період року і відповідають ДСН 3.3.6.042-99 [20].

Приміщення, де розміщений млин, має бути забезпечене пиловловлюючими апаратами, що дозволять не тільки повернути значну кількість готового продукту, але і запобігти забруднення пилом повітряного басейну заводу і прилеглих до нього територій. Перед викидом в атмосферу повітря від помольних агрегатів дані апарати очищують його, прагнучі знизити у них вміст пилу до установлених законом санітарних норм [20].

Санітарні норми запиленості в цеху помелу виконуються за допомогою розвиненої системи аспірації живильників, місця завантаження і вивантаження, транспортування і помольного обладнання, надійними ущільнювачами з'єднань проводів з матеріалом і газоходів. Збирання пилу з висотних майданчиків виконують з допомогою спеціальних спускних труб, що з'єднані герметичним шляхом з бункерами [20].

5.2 Електробезпека

Приміщення виробниче, де розташований пункт керування млином, згідно з діючими правилами (ПУЕ) відносять до приміщень з підвищеною небезпекою враження людей струмом електричним. Для живлення млину

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовують трифазну напругу 220/380 В, з частотою 50 Гц й ізольованою нейтраллю [20].

Причинами враження персоналу, що обслуговує установку, можуть бути:

- помилкове ввімкнення установки;
- пробій до корпусу;
- дотики людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- зношення ізоляції або втрата ізоляційних властивостей;

До основних засобів забезпечення електробезпеки відносять: ізолювання, блокування основних електровузлів, захисне розділення електричних мереж та застосування малої напруги [20].

Ізоляція забезпечує технічну працездатність електроустановки, зменшує ймовірність потрапляння під напругу людини, змикань на землю і на корпус електроустановки, знижує величину струму, що проходить через людину при доторканні до неізольованої частини в електроустановці.

Електромагнітні блоки безпеки вимикачів, роз'єднувачів, заземлюючих ножів використовують на відкритих і закритих розподільних пристроях з ціллю забезпечити необхідної послідовності ввімкнення і вимкнення обладнання.

Захисне розділення електричних мереж. Загальний опір ізоляції проводів електричної мережі відносно землі і ємкісна складова струму замикання на землю залежать від протяжності мережі і її розгалуженості. При збільшенні розгалуженості і протяжності мережі зменшується загальний опір ізоляції, а ємність збільшується. Розділення такої протяжної мережі на окремі, що електрично непов'язані між собою, частини з допомогою трансформаторів з коефіцієнтом трансформації, рівним одиниці, слугує підвищенням опору ізоляції і зменшенням ємності і, що найголовніше, приводить до підвищення рівня електробезпеки.

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування малої напруги. До малої напруги відносять напругу 42 В, менше змінного струму з частотою 50 Гц, і 110 В, менше постійного струму.

В силу чинних нормативних документів виділяють наступні діапазони малої напруги змінного струму: 12 В і 42 В. Напруги до 42 В змінного, і до 110 В постійного струму застосовуються:

- в приміщеннях з підвищеною небезпекою отримання травм від електричного струму;
- поза приміщеннями для живлення ручного електрифікованого інструменту, ручних ламп переносних, світильників освітлення місцевого з лампами розжарювання.

Напруга до 12 В змінного струму має застосовуватись для живлення світильників переносних в особливо небезпечних умовах відносно електротравм: металевих, бетонних, залізобетонних та інших ємностях, кабельних та інших енергетичних підземних комунікаціях, оглядових ямах, вентиляційних камерах, тепловпунктах тощо. Для живлення даних світильників віддавати перевагу варто стаціонарним електромережам з напругою 12 В. Розетки для підключення світильників у таких мережах повинні конструктивним чином відрізнятися від розеток для більших діапазонів напруги. При недоцільності використання стаціонарних мереж з напругою 12 В допускають застосовувати понижуючі трансформатори.

За величину при тривалому враженні струмом при нормальних умовах застосовують силу струму рівною 0,01 А. З ціллю запобігання травм рекомендовано вжити наступні заходи безпеки:

- рубильники для ввімкнення установки розмістити у спеціальній шафі;
- силові кабелі розмістити у спеціальні для цього захисні металеві рукава;
- забезпечити аварійно-захисне відключення установки в випадку потрапляння людини під дію напруги;
- на панелі управління розмістити спеціальні лампи ввімкнення установки;

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вузли установки, які можуть опинитися під напругою, оснастити затисками під підключення заземлення.

Виходячи з того, що установку живить напруга 220 В й існує вірогідність потрапляння працюючого персоналу під напругу, варто заземлити агрегат.

Захисне заземлення захисне заземлення — це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою. Захисне заземлення створено для забезпечення захисту електроустановок та устаткування, людей від впливу небезпечної напруги та струму, що виникає у момент несправності, тобто в аварійному режимі. Захисне заземлення забезпечує паралельно можливе включення в мережу замикання на землю струмопровід малого опору (шунт), за рахунок якого зменшується струм, який проходить через людину. Окрім того, захисне заземлення при правильному його виконанні зменшує U_{dot} [20].

5.3 Пожежна безпека

На виробництві може почати горіти: електроізоляція, матеріали дерев'яні. Категорія пожежної безпеки цеху - В (згідно ОНТП 24-86), клас зони пожежонебезпеки П-Па, ступінь вогнестійкості II (згідно СНіП 2.01.02-85) [20].

Серед причин, що можуть викликати спалах, найчастішими є:

- несправність електроустаткування;
- струм короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- спалах ізоляції електропроводів;
- використання вогню в недозволених місцях;
- іскри при електро- і газозварювальних роботах.

Запобігання можливості спалаху забезпечують наступними діями:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації:

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- куріння тільки у відведених місцях;
- своєчасне проведення інструктажу по техніці безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організація агітації по протипожежному захисті;
- наявність засобів організації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявність засобів пожежогасінні безпосередньої близькості від установки (пісок, вогнегасник);
- будівля встановлена на відстані не менше 10 метрів від сусіднього будинку і 20 метрів від складів;
- заземлені металеві елементи, оскільки при появі блискавки можливе іскріння;
- на будівлі встановлені громовідводи сітчастого вигляду [20].

Для гасіння невеликої ділянки спалаху з відключеним електроустаткуванням застосовують вуглекислі вогнегасники ОУ-5 (2 шт.). Для гасіння включених електромереж застосовують порошкові вогнегасники ОП-10 (1 шт.). Вуглекислі вогнегасники застосовують також для гасіння складів з ЛВЖ, акумуляторних станцій тощо. Проте двоокис вуглецю не можна застосовувати для гасіння речовин до складу молекул, яких входить кисень, лужних і лужноземельних металів, а також тліючих матеріалів[20].

Ширина отвору дверей еваковиходу - 2 м. Кількість виходів - не менше двох. Двері відкриваються назовні (СНіП 2.09.02-85)[20].

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Очікувані механіко-економічні показники

Одним з найголовніших недоліків при роботі млина маятникового є мала інтенсивність та ефективність руйнування матеріалу, а їх підвищення можна досягати лише змінюванням кутової швидкості вертикального валу, що звужує технологічні можливості млина.

Для вирішення цього недоліку було здійснено пошук та розгляд 15 патентів і з рештою було вирішено створити нове технологічне рішення у вигляді корисної моделі [28].

В основу пропонованої корисної моделі покладено задачу вдосконалити ролико-маятниковий млин, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує регулювання зусилля дроблення, що діє на оброблюваний матеріал з боку роликів, не лише за рахунок змінювання кутової швидкості вертикального валу, а й за рахунок зміни довжини маятників і радіуса їх підвісу на стрижнях хрестовини, що розширює технологічні можливості млина.

Поставлена задача вирішується тим, що в ролико-маятниковому млині, що містить корпус, встановлений у ньому вертикальний вал з хрестовиною, на стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею розмельного кільця, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що шарніри маятників змонтовано з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів хрестовини, хрестовину закріплено на вертикальному валу з можливістю зміни її положення вздовж нього, а маятники виконано регульованої довжини.

Дане рішення дозволяє підвищити інтенсивність та ефективність подрібнення, що збільшує продуктивність та розширює технологічні можливості млина.

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Виконано дипломний проект на тему «Маятниковий млин з модернізацією вузла підвісу маятника» за мету якого було поставлено вивчити призначення, конструкцію машин та принцип роботи і провести модернізацію вузла підвісу маятника млина маятникового.

Було проведено виконання наступних етапів:

- обрано та проведено опис технологічної схеми по виробництву гіпсу будівельного, в якій застосовують млин маятниковий.
- проаналізовано характеристики технічні млина маятникового;
- проведено літературно – патентні дослідження конструкційної модернізації млина маятникового з метою модернізації вузла підвісу маятника. По завершенню пошуку технічних рішень, було прийнято рішення створити нову корисну модель[28], що забезпечує регулювання зусилля дроблення, яке діє на оброблюваний матеріал з боку роликів, не лише за рахунок змінювання кутової швидкості вертикального валу, а й за рахунок зміни довжини маятників і радіуса їх підвісу на стрижнях хрестовини, що розширює технологічні можливості млина;
- розроблено розділ «Охорона праці». Було виявлено , що під час роботи існують низка шкідливих і небезпечних факторів : повітря зони робочої, електробезпека, пожежна безпека;
- розглянуто механічні та економічні показники, що підтверджують доцільність та ефективність модернізації вузла підвісу маятника млина маятникового.

					ЛП51(2).013116.01-70ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗРАХУНКИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 РОЗРАХУНКИ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ МАЯТНИКОВОГО МЛИНА, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ.....	3
1.1 Параметричні розрахунки маятникового млина.....	3
2 КІНЕМАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ МАЯТНИКОВОГО МЛИНА	6
2.1 Розрахунки колової та кутової швидкості маятникового млина	6
2.2 Визначення потужності приводу	6
2.3 Підбір двигуна, редуктора і муфт приводу	8
2.4 Розрахунок циліндрично-конічного редуктора	10
2.5 Розрахунок сили зачеплення шестерні та колеса	12
2.6 Розрахунок на міцність тихохідного валу.....	13
2.6.1 Розрахунок реакцій підшипникових вузлів	13
2.6.2. Побудова епюри згинального моменту.....	13
2.6.3 Розрахунок мінімального діаметру небезпечного перерізу	14
3 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ РОЗМЕЛЬНОГО КІЛЬЦЯ.....	16
4 РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО КУТА ВІДХИЛЕННЯ МАЯТНИКА.....	19
5 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ВУЗЛА ПІДВІСУ МАЯТНИКА.....	22
5.1 Постановка задачі.....	22
5.2 Вихідні дані	25
5.3 Результати числового аналізу НДС вузла підвісу маятника	26
ВИСНОВКИ	31

					ЛП51(2).013116.01-70РР		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника		
Розроб.		Бондаренко П.О.					
Перевір.		Карвацький А.Я.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Гондляр О.В.			<div> <div>Літ.</div> <div>Арк.</div> <div>Акрушів</div> </div> <div> <div></div> <div>1</div> <div>31</div> </div> <div>КПІ ім. Ігоря Сікорського</div>		

ВСТУП

Маятникові млини – машини безперервного подрібнення, робочим органом яких є маятник, котрий здійснює обертові та зворотно-поступальні рухи.

Призначенням таких млинів є тонкий помел м'яких, малої та середньої міцності порід (глини, гіпсу, крейди, графіту) у хімічній, харчовій, гірничій та інших галузях промисловості.

У дипломному проекті виконано ряд інженерних розрахунків, що включають: параметричні, кінематичні, на міцність, що є необхідними для розробки і проектування машини, згідно технічного завдання.

					ЛП51(2).013116.01-70РР	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 РОЗРАХУНКИ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ МАЯТНИКОВОГО МЛИНА, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

1.1 Параметричні розрахунки маятникового млина

Мета: розрахувати основні параметри маятникового млина, які включають: діаметр кільця, центральний кут, силу стискання матеріалу, вагу ролика, частоту обертання вертикального валу, кінцевий розмір подрібненого матеріалу, продуктивність млина.

Методика розрахунків базується на [2].

Вихідні дані до розрахунку (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до розрахунку

№	Назва параметру	Позначення параметру	Одиниці виміру	Значення
1	Насипна густина матеріалу	ρ	кг/м ³	1800
2	Середній розмір шматка	$D_{\text{сер}}$	м	0,02
3	Діаметр ролика	D	м	0,3
4	Кількість маятників	z	—	4
5	Ступінь подрібнювання	i	—	30
6	Коефіцієнт тертя ролика по матеріалу	f	—	0,35

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7	Габаритні розміри:			
	– довжина;	L	м	4,325
	– ширина;	S	м	3
	– висота.	H	м	4,544

1) Розрахунок діаметру кільця

$$D = \frac{D_{\text{сер}}(d + D_{\text{сер}})}{D_{\text{сер}} - d \tan^2 \frac{\alpha}{2}} = 0,993 \text{ м}$$

де $D_{\text{сер}}$ – середній розмір шматка, м; d – діаметр ролика, м; α – кут захвату (приймаємо 24°).

2) Розрахунок центрального кута

$$\beta = \arccos \frac{d(D - d) - D_{\text{сер}}(D + d)}{(D - d)(d + D_{\text{сер}})} = 0,608 \text{ рад},$$

де D – діаметр кільця, м.

3) Розрахунок сили стискання матеріалу

$$P = \frac{d^2 \beta \sigma}{4} = 0,025 \text{ МН}$$

де β – центральний кут, рад; σ – границя міцності на стискання, Па.

4) Розрахунок ваги ролика

$$G = \frac{\rho d^2 B \rho_{\text{мет}} g}{4} = 810,9 \text{ Н}$$

$\rho_{\text{мет}}$ – густина металу, кг/м^3 , g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; $B = d/2 = 0,15 \text{ м}$ – ширина ролика, м.

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Розрахунок частоти обертання вертикального валу

$$n^3 \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2P}{G(D-d)}} = 1.5 \text{ об/с}$$

де G – вага ролика, Н, P – сила стискання матеріалу, Н.

6) Розрахунок кінцевого розміру подрібненого матеріалу

$$d_{\text{сер}} = \frac{D_{\text{сер}}}{i} = 0.0006 \text{ м,}$$

де i – ступінь подрібнення, $D_{\text{сер}}$ – середній розмір шматка, м.

7) Розрахунок продуктивності млина

$$\Pi_r = 1800 \rho D d n d_{\text{сер}} \mu r z = 6.06 \text{ т/год,}$$

де μ – коефіцієнт розпушування, ρ – об'ємна маса матеріалу, кг/м^3 ,

z – кількість роликів, шт.

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КІНЕМАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ МАЯТНИКОВОГО МЛИНА

Розрахунки виконано за методикою [21].

2.1 Розрахунки колової та кутової швидкості маятникового млина

Частота обертання валу млина

$$n = w > \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2p}{g(D-d)}} = 1,5 \text{ об/с} = 90 \text{ об/хв} = 9,42 \text{ рад/с}$$

Колова швидкість ролика

$$v = wR = 3.26 \text{ м/с},$$

де R – відстань від осі обертання хрестовини (валу млина) до осі ролика (осі маятника), м.

Кутова швидкість і частота обертання ролика навколо своєї осі (осі маятника):

$$w_p = \frac{v}{0.5d} = 21.7 \text{ рад/с},$$

$$n_p = 30 \frac{w_p}{p} = 207 \text{ об/хв}.$$

2.2 Визначення потужності приводу

					ЛП51(2).013116.01-70РР	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність приводу вала маятникового млина витрачається на перекочування роликів (N_1) і на подолання тертя під час ковзання роликів (N_2):

$$N_1 = \frac{P\mu v z}{1000}$$

$$N_2 = \frac{P f v_{ск} z}{1000},$$

де P - сила притискання ролика, Н,

$$P = ql = 2250 \text{ Н},$$

де q – тиск ролика на кільце, Н/м; $q = (0,1 \dots 0,2) 10^6 \text{ Н/м}$; l – ширина ролика, м.

μ - коефіцієнт опору коченню ролика; $\mu = 0,05 \dots 0,1$;

f - коефіцієнт тертя між матеріалом і роликом; $f = 0,35$.

$v_{ск}$ - швидкість ковзання ролика, м/с;

$$v_{ск} = 0.1v = 0.326 \text{ м/с}.$$

Значення потужності:

$$N_1 = \frac{22500 \times 0.08 \times 3.26 \times 4}{1000} = 23.5 \text{ кВт}$$

$$N_2 = \frac{22500 \times 0.35 \times 0.326 \times 4}{1000} = 10.2 \text{ кВт}$$

У маятниковому млині встановлено пальцеподібні скребки. Потужність, що потрібна для їх приводу і покриття втрат в інших вузлах машини (N_3) приймемо рівну 10% від суми N_1 і N_2 , тобто

$$N_3 = 0.1(N_1 + N_2) = 3.37 \text{ кВт}.$$

Таким чином потужність приводу млина повинна становити

$$N_{\text{м}} = N_1 + N_1 + N_1 = 37.161 \text{ кВт}.$$

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Підбір двигуна, редуктора і муфт приводу

Схема приводу млина зображена на рисунку 2.1.

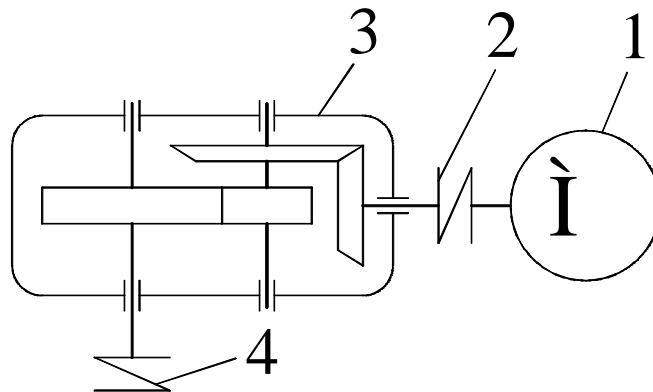


Рисунок 2.1– Схема приводу млина

Привід млина здійснюється від двигуна 1 через муфту 2, двоступеневий конічної-циліндричний редуктор 3 і муфтою 4 з'єднується з валом млина.

Загальний ККД приводу

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_k \eta_{\text{ц}} \eta_m^2 \eta_{\text{під}}^4 = 0.767$$

де η_k – ККД конічної пари колес; $\eta_p = 0.96$;

$\eta_{\text{ц}}$ – ККД циліндричної пари колес; $\eta_{\text{ц}} = 0.98$;

η_m – ККД муфти; $\eta_m = 0.98$;

$\eta_{\text{під}}$ – ККД пари підшипників; $\eta_{\text{під}} = 0.96$;

Потрібна потужність двигуна:

$$N_E^{\text{ном}} = \frac{N_M}{\eta_{\text{заг}}} = 48.423 \text{ кВт.}$$

Передавальне відношення приводу

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конічної пари – $U_k = 2$;

Циліндричної пари – $U_{ц} = 5$.

Загальне передавальне число редуктора і привода

$$U_{np} = U_k U_{ц} = 10$$

Необхідна частота обертання валу електродвигуна

$$n_e = 60 n U_{np} = 900 \text{ об/хв}$$

Обираємо за ГОСТ 183-74 трьохфазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором типорозміру АІР250М з потужністю $N_E = 55$ кВт, частотою обертання $n_e = 1000$ об/хв.

Кутові швидкості валів приводу

$$\omega_1 = \frac{n_e \pi}{30} = 104.72 \text{ с}^{-1},$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{2} = 52.36 \text{ с}^{-1},$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{U_{ц}} = 10.472 \text{ с}^{-1}.$$

Момент на валу приводу

$$M_1 = \frac{N_e}{\omega_1} = 525.211 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_2 = M_1 U_k h_{к} h_{н}^2 h_{м} = 910.76 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Обираємо тип редуктора КЦ1-300-IV-ЦУ2.

Двоступеневий редуктор, міжосьова відстань 300 мм, передавальне число 10, кінець циліндричний, кліматична умова У, категорія 2 [21].

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Розрахунок циліндрично-конічного редуктора

Мета – визначення геометричних параметрів шестерні і колеса циліндрично-конічного редуктора, вибір матеріалу та термічної обробки колеса редуктора.

Вибір матеріалу і призначення термічної обробки.

Для виготовлення колеса обираємо сталь 40Х. призначаємо термічну обробку:

- шестерня – закалювання до одержання HRC 45...50;
- колеса – поліпшення HB260...300.

Кут нахилу зуба $\gamma = 10^\circ$.

Сумарне число зубців

$$Z_h = \frac{2d_w \cos \beta}{m_n} = 197,$$

де d_w – міжосьова відстань, м; m_n – нормальний модуль зубців.

Число зубців шестерні і колеса:

$$Z_u = \frac{Z_h}{m_n + 1} = 49,$$

$$Z_k = Z_h - Z_u = 148.$$

Фактичний кут нахилу

$$\cos \gamma = \frac{m_n Z_h}{2d_w} = 0.985,$$
$$\gamma = 9^\circ 54'$$

Основні геометричні розрахунки шестерні і колеса.

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметри ділительних коліс

$$d_{\text{ш}} = \frac{m_n Z_{\text{ш}}}{\cos \gamma} = 150 \text{ мм},$$

$$d_{\text{к}} = \frac{m_n Z_{\text{к}}}{\cos \gamma} = 450 \text{ мм}.$$

При цьому виконується рівність

$$d_{\text{ш}} = 0.5(d_{\text{ш}} + d_{\text{к}}) = 300 \text{ мм}.$$

Діаметри кіл вершин:

$$d_{\text{вш}} = d_{\text{ш}} + 2m_n = 156 \text{ мм},$$

$$d_{\text{вк}} = d_{\text{к}} + 2m_n = 456 \text{ мм}.$$

Ширина вінця колеса

$$l_{\text{к}} = j_{\text{нд}} d_{\text{в}} = 120 \text{ мм},$$

де $j_{\text{нд}}$ – коефіцієнт ширини вінця, $j_{\text{нд}} = 0.4$.

Ширина шестерні

$$l_{\text{ш}} = l_{\text{к}} + 5 = 125 \text{ мм}.$$

Колова швидкість

$$v = \frac{\pi d_{\text{к}} 90}{60 \times 1000} = 2.121 \text{ м/с}.$$

Сили в зачепленні:

— колова

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_t = \frac{2 \times 10^3 M_3}{d_k} = 3191 \text{ Н},$$

– радіальна

$$F_r = \frac{F_t \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 1179 \text{ Н},$$

– осьова

$$F = F_t \operatorname{tg} \beta = 536.289 \text{ Н}.$$

2.5 Розрахунок сили зачеплення шестерні та колеса

Мета – розрахунок сили зачеплення: колової сили, осьової сили шестерні, радіальної сили шестерні.

Розрахунок виконано за методикою [23].

Напрямок лінії зуба у шестерні правий, а колеса – лівий.

Приймаємо середній розрахунковий кут нахилу зуба $\beta_w = 35^\circ$.

Окружна сила

$$F_t = \frac{2 \times 10^3 M_2}{d_2} = 4103 \text{ кН}.$$

Осьова сила шестерні рівна радіальній силі колеса

$$F_{d1} = F_{12} = \frac{0.7 F_t}{\cos \beta_w} = 3506 \text{ кН}.$$

Радіальна сила шестерні дорівнює осьовій силі колеса

$$F_{11} = F_{d2} = \frac{0.6 F_t}{\cos \beta_w} = 3005 \text{ кН}.$$

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Розрахунок на міцність тихохідного валу

Мета: розрахувати міцність тихохідного валу редуктора за заданої роботи.

Розрахунки виконано за методикою [23].

2.6.1 Розрахунок реакцій підшипникових вузлів

Отримавши значення сил в зачепленні можемо розрахувати реакції підшипникових вузлів [23].

Вертикальна площина:

$$\overset{\circ}{a} F = R_{AY} - F_r + R_{BY} = 0$$

$$\overset{\circ}{a} M = F_r l_{AC} + R_{BY} l_{AB} = 0$$

Звідси:

$$R_{BY} = \frac{F_r l_{AC}}{l_{AB}} = 425.75 \text{ Н},$$

$$R_{AY} = F_r - R_{BY} = 753.25 \text{ Н}.$$

Горизонтальна площина:

$$\overset{\circ}{a} F = R_{AX} - F + R_{BX} - 2W = 0$$

$$\overset{\circ}{a} M = W l_{AC} - F l_{AC} + R_{BX} l_{AB} - W l_{AB} = 0$$

Звідси:

$$R_{BX} = \frac{F l_{AC} + W l_{AB} - W l_{AC}}{l_{AB}} = 1461.85 \text{ Н},$$

$$R_{AX} = F - R_{BX} + 2W = 3044.439 \text{ Н}.$$

2.6.2. Побудова епюри згинального моменту

Знаючи всі прикладені до валу навантаження будуємо епюру згинальних моментів (рисунок 2.1)

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний згинаючий момент

$$M_{3z} = W l_{AC} = 129.02 \text{ Нм.}$$

Приведений згинаючий момент

$$M_{np} = \sqrt{M_{3z}^2 + M^2} = 729.486 \text{ Нм.}$$

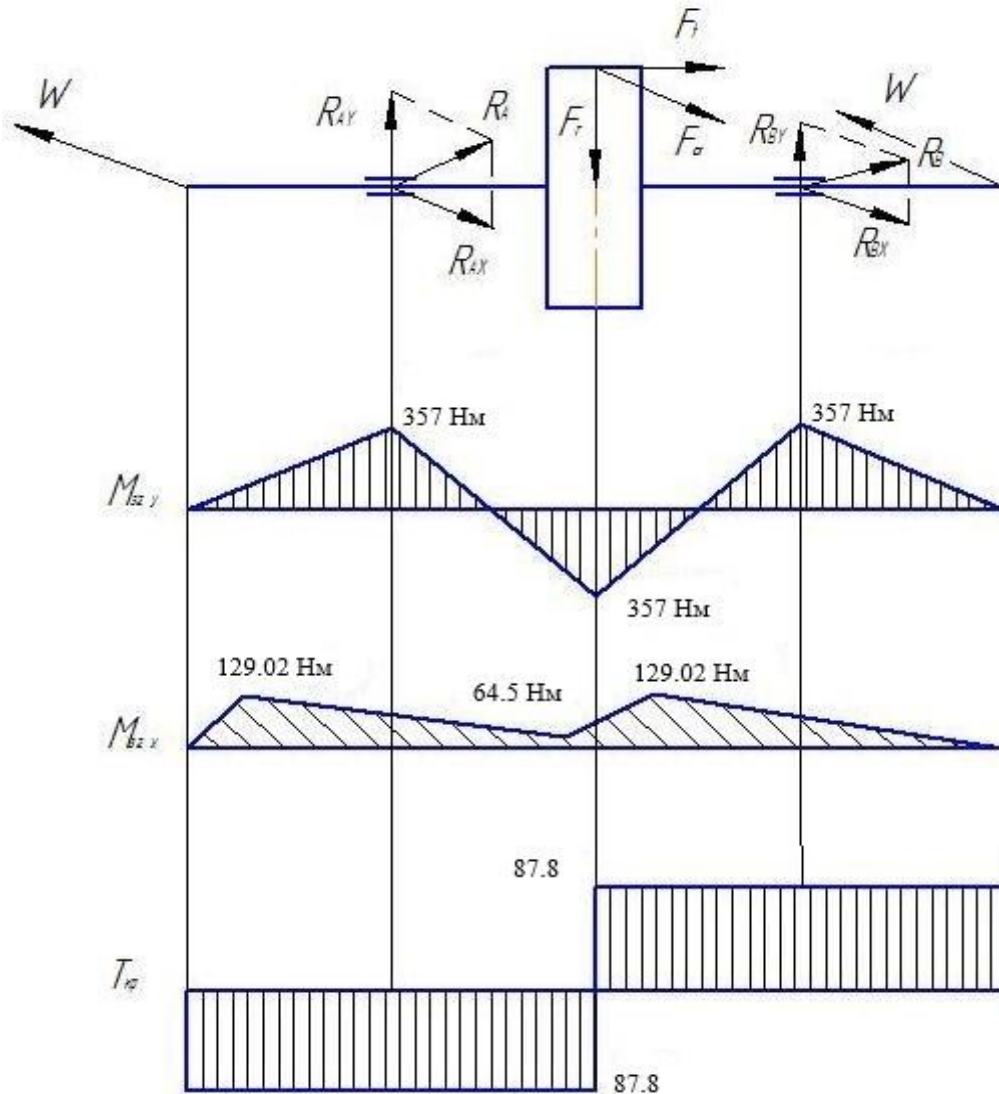


Рисунок 2.1 – Епюри розрахунку валу на статичну міцність

2.6.3 Розрахунок мінімального діаметру небезпечного перерізу

Виходячи з отриманого значення приведенного згинаючого моменту визначаємо мінімальний діаметр небезпечного перерізу

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$d \geq 10^3 \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0.1[\tau]}} = 58.35 \text{ мм},$$

де $[\tau] = 40$ МПа – максимальне допустиме напруження при крученні для сталі 40Х.

Обираємо $d = 60$ мм.

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ РОЗМЕЛЬНОГО КІЛЬЦЯ

Мета – розрахунок реакції кільця, об'єм валка і маятника, сили, з якою діє один маятник на кільце та напруження.

Розрахунки виконано за методикою [24].

Використовуючи третю теорію міцності, визначимо товщину стінки розмельного кільця, яка знаходиться під дією змінного тиску.

Сума моментів діючих сил дорівнює нулю.

$$\sum M = -G l \sin \alpha - Ph + P_u h = 0.$$

Оскільки кут α дуже малий, приймаємо, що сили P і P_u діють по одній лінії, і $h=l$.

$G=mg$ – вага валків і маятника, Н;

α – кут тяжіння валка і маятника, рад;

P – сила реакціїна кільці, Н;

$P_u=mw^2R$ – відцентрова сила, Н.

Отримаємо

$$P = \frac{ml(w^2 l \cos \alpha - g \sin \alpha)}{h},$$

оскільки $\alpha \rightarrow 0$, то $\sin \alpha = 0$; $\cos \alpha = 1$, отримуємо, що реакція на кільці дорівнює відцентровій силі інерції.

$$P = mw^2 R = 10.7 \text{ кН},$$

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $m = V \cdot \rho = 0.058 \cdot 7800 = 450$ кг;

$\rho = 7800$ кг/м³ – густина сталі;

$\omega = 8.3$ – кутова швидкість маятника, рад/с.

Об'єм валка і маятника

$$V = V_1 + V_2 = \pi r^2 R + \rho h (R^2 - r^2) = 0.01 \text{ м}^3$$

де V – об'єм валка і маятника, м³;

$r = 120$ мм – радіус валу;

$R = 150$ мм – радіус валка;

$l = 1200$ мм – довжина валу;

$h = 150$ мм – ширина валка.

Сила, з якою діє один маятник на кільце

$$P_g = \frac{nP}{F} = 64 \text{ кПа.}$$

По третій теорії міцності маємо

$$\begin{aligned} \sigma_1 - \sigma_3 &= \sigma \\ \sigma_3 &= 0, \\ \sigma_1 &= \frac{P_g D}{4\delta} \end{aligned}$$

де $D = 0.993$ м – діаметр кільця,

δ – товщина кільця, м.

Допустиме напруження:

$[\sigma] = 10$ МПа

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta^3 \frac{P_g D}{4[\sigma]} = 0.015 \text{ м.}$$

Приймаємо δ= 20 мм.

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО КУТА ВІДХИЛЕННЯ МАЯТНИКА

Мета – розрахунок оптимального кута відхилення маятника для збільшення зусилля подрібнення.

Згідно до рисунку 5.1 проведений розрахунок оптимального кута підвісу маятника [24].

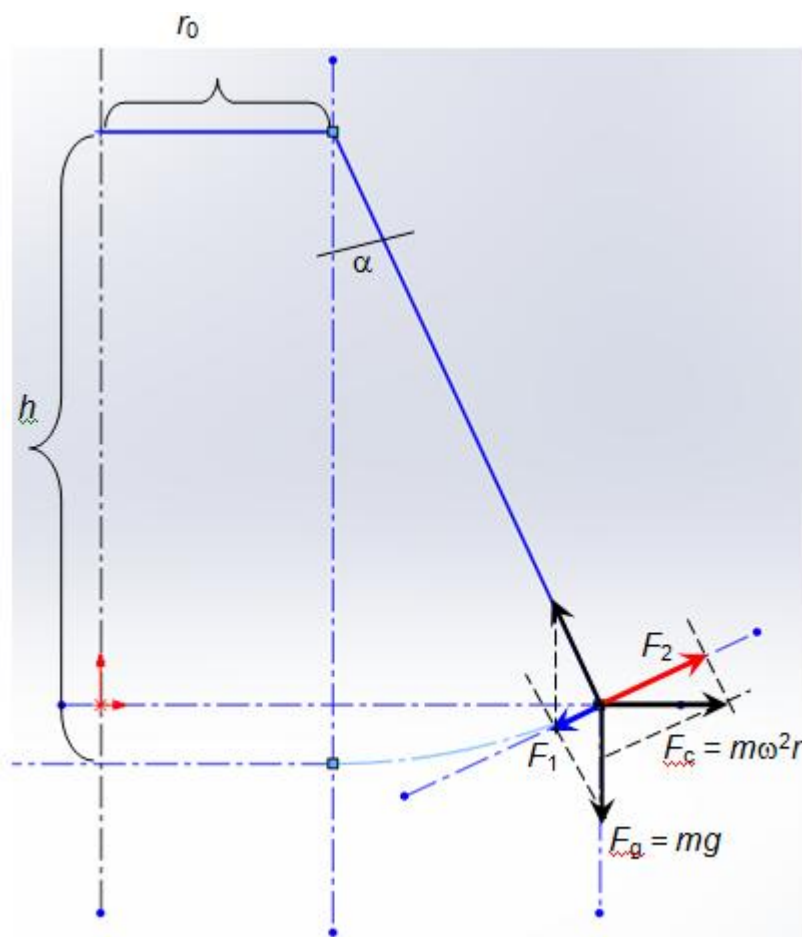


Рисунок 5.1 – Кінематична схема маятника

Радіус центра маси ролика

$$r = r_0 + Dr = r_0 + h \sin \alpha$$

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де r_0 – відстань осі маятника до осі ролика, м; h – висота маятника, м;

α – кут відхилення маятника, рад (град.).

Згідно рисунка 5.1 визначимо сили F_1 , F_2 та результуючу силу F_r :

$$F_1 = F_g \sin \alpha; F_2 = F_c \cos \alpha$$

$$F_1(\alpha) = mg \sin \alpha; F_2(\alpha) = m\omega^2(r_0 + h \sin \alpha) \cos \alpha$$

$$F_r(\alpha) = F_2(\alpha) - F_1(\alpha) = m\omega^2(r_0 + h \sin \alpha) \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

де F_c – відцентрова сила, Н; F_g – сила тяжіння, Н.

Якщо кут α задається в градусах, необхідно зробити перехід до радіан

$$F_1(\alpha) = mg \sin \alpha \frac{\pi}{180}$$

$$F_2(\alpha) = m\omega^2(r_0 + h \sin \alpha \frac{\pi}{180}) \cos \alpha \frac{\pi}{180}$$

Для знаходження оптимального кута відхилення маятника візьмемо похідну від F_r .

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\alpha} (m\omega^2(r_0 + h \sin(\alpha \frac{\pi}{180})) \cos(\alpha \frac{\pi}{180}) - mg \sin(\alpha \frac{\pi}{180})) &= \\ &= \frac{\pi h m \omega^2 \cos(\alpha \frac{\pi}{180})}{180} - \frac{\pi m \sin(\alpha \frac{\pi}{180}) r_0 + h \sin(\alpha \frac{\pi}{180}) \omega^2}{180} - \frac{\pi g m \cos(\alpha \frac{\pi}{180})}{180} = \\ &= \frac{\pi g m \cos^2(\alpha \frac{\pi}{180})}{180} - \frac{\pi m \omega^2 r_0 \sin(\alpha \frac{\pi}{180})}{180} - \frac{\pi m \omega^2 h \cos^2(\alpha \frac{\pi}{180})}{180} = \\ &= \frac{\pi g m \cos^2(\alpha \frac{\pi}{360})}{180} - \frac{\pi m \omega^2 r_0 \sin(\alpha \frac{\pi}{180})}{180} - \frac{\pi m \omega^2 h \cos^2(\alpha \frac{\pi}{180})}{180} \quad \text{® 24'75'} \end{aligned}$$

					ЛП51(2).013116.01-70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Будуємо графіки залежності величини зусиль, що виникають під час подрібнення від зміни значення кута α (рисунок 5.2).

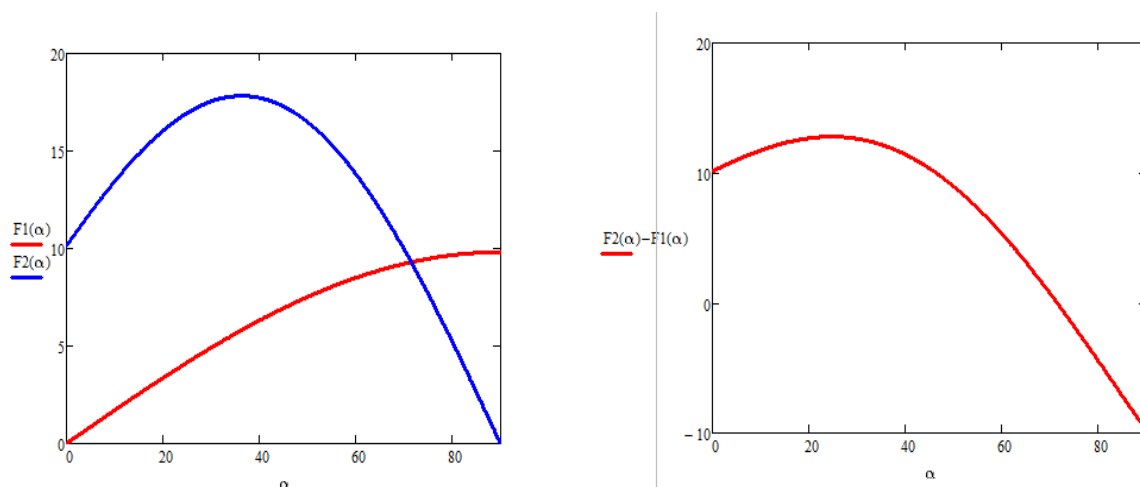


Рисунок 5.2 – Графіки зміни величини зусилля подрібнення від кута α за умови $m=1$

Як видно з рисунку 5.2, найбільше значення зусилля подрібнення F_2 виникає при куті 25° . Отже можемо зробити висновок, що оптимальний кут відхилення маятника α рівний 25° .

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ВУЗЛА ПІДВІСУ МАЯТНИКА

Мета: визначення оптимального кута відхилення маятника від вертикальної осі та підбір конструкційних матеріалів вузла підвісу маятника на підставі розрахунків НДС із визначенням запасу міцності конструкції.

5.1 Постановка задачі

Систему стаціонарних диференціальних рівнянь статичної пружності для ізотропного матеріалу, яка включає рівняння руху і рівноваги, геометричне рівняння – тензор малих деформацій, та фізичне рівняння – узагальнений закон Гука, можна записати у символній формі таким чином [25]:

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{N}} \times \hat{\boldsymbol{\sigma}} + \gamma \mathbf{b} &= 0; \\ \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} &= \frac{1}{2}(\mathbf{u}\tilde{\mathbf{N}} + \tilde{\mathbf{N}}\mathbf{u}); \\ \hat{\boldsymbol{\sigma}} &= \frac{E}{1+n} \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} + \frac{n}{1-2n} \hat{\mathbf{I}} \text{tr}(\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}) \hat{\mathbf{I}} \end{aligned} \quad (5.1)$$

де $\tilde{\mathbf{N}} = \frac{\partial}{\partial x_i}$, $i=1,2,3$ – оператор Гамільтона, м^{-1} ; x_i , $i=1,2,3$ – декартові координати, м; $\hat{\boldsymbol{\sigma}}$ – симетричний тензор напружень другого рангу, Па; (\times) – оператор скалярного добутку тензорів; γ – густина, $\text{кг}/\text{м}^3$; \mathbf{b} – вектор масових сил, наприклад, гравітаційних, $\text{Н}/\text{кг}$; $\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}$ – симетричний тензор другого рангу пружних деформацій; \mathbf{u} – вектор переміщень, м; E – модуль пружності, Па; n –

					ЛП51(2).013116.01-70РР	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт Пуасона; $\hat{\mathbf{I}}$ – одиничний тензор другого рангу; $\text{tr}(\)$ – оператор сліду тензора.

Граничні умови для (5.1):

- переміщення або защемлення (хоча б в одній точці на поверхні тіла)

$$\mathbf{u}|_{S_u} = 0, \quad (5.2)$$

де S_u – поверхня (або точка поверхні), на якій задано переміщення;

- симетрії

$$\mathbf{n} \times \mathbf{u}|_{S_{su}} = 0, \quad (5.3)$$

де \mathbf{n} – вектор зовнішньої нормалі до поверхні тіла; S_{su} – поверхня симетрії тіла;

- зовнішні зусилля або вектор напруження

$$\hat{\mathbf{s}} \times \mathbf{n}|_{S_p} = \mathbf{p}, \quad (5.4)$$

де $\mathbf{p} = p^i$ – вектор напруження, що діє на поверхні S_p , Па;

- зовнішня сила, прикладена у точці тіла

$$\mathbf{F}_P = \oint_{DS_p} \hat{\mathbf{s}} \times \mathbf{n} dS, \quad (5.5)$$

де \mathbf{F}_P – вектор зовнішньої сили у точці P , Н; DS_p – елементарна площадка поверхні тіла в околі точки P , м²;

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– умови контактної типу записуються у вигляді таких нерівностей

$$\begin{aligned} & \dot{\mathbf{n}}^+ \mathbf{u}^+ + \mathbf{n}^+ \mathbf{u}^- - \mathbf{d} \leq 0; \\ & \dot{\{\boldsymbol{\sigma}^{(n)} \times \mathbf{n}\}} \leq 0; \\ & \dot{(\mathbf{n}^+ \mathbf{u}^+ + \mathbf{n}^+ \mathbf{u}^- - \mathbf{d}) \boldsymbol{\sigma}^{(n)} \times \mathbf{n}} = 0; \\ & \dot{|\mathbf{s}_t|} \leq f \boldsymbol{\sigma}^{(n)} \times \mathbf{n}; \end{aligned} \quad (5.6)$$

де \mathbf{d} - початковий зазор у напрямку нормалі до поверхонь, що контактують, м; $\boldsymbol{\sigma}^{(n)} = \boldsymbol{\sigma} \times \mathbf{n}$ – компоненти напруження у нормальному напрямку до поверхні контакту, Па; $\mathbf{s}_t = \sqrt{|\boldsymbol{\sigma}^{(n)}|^2 + (\mathbf{s}_n)^2}$ – тангенціальна складова напруження, Па; $\mathbf{s}_n = (\boldsymbol{\sigma} \times \mathbf{n}) \times \mathbf{n} = \boldsymbol{\sigma}^{(n)} \times \mathbf{n}$ – нормальне напруження на поверхні контакту, Па; f - коефіцієнт сухого тертя.

Перша нерівність (5.6) є умовою взаємного непроникнення тіл та пов'язано з силовим співвідношення (друга нерівність (5.6)), оскільки закриття зазору призводить до виникнення контактної тиску. Третє рівняння (5.6) відповідає нульовим контактним напруженням, що викликає роз'єднання контактних тіл. Четверта нерівність описує умови фрикційної взаємодії тіл (поверхневих напружень) у формі закону Амонтона-Кулона.

Співвідношення для визначення запасу міцності.

Еквівалентні напруження \mathbf{s}_{eqvM} за Мізесом визначаються за формулами:

$$\mathbf{s}_{eqvM} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\mathbf{s}_{11} - \mathbf{s}_{22})^2 + (\mathbf{s}_{22} - \mathbf{s}_{33})^2 + (\mathbf{s}_{33} - \mathbf{s}_{11})^2 + 6(\mathbf{s}_{12}^2 + \mathbf{s}_{23}^2 + \mathbf{s}_{13}^2)}, \quad (5.7)$$

де $\mathbf{s}_{ij}, i, j = 1, 2, 3$ – компоненти тензора напружень, Па.

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запас міцності F_s пластичних матеріалів визначається за формулою

$$F_s = \frac{[s_T]}{s_{\text{eqvM}}}, \quad (5.8)$$

де $[s_T]$ – межа текучості матеріалу, Па; s_{eqvM} – еквівалентне напруження за Мізесом (5.7), Па.

5.2 Вихідні дані

Параметри вузла підвісу маятника:

- кутова швидкість обертання $\omega = 6,28$ рад/с;
- радіус підвісу маятника $r = 500$ мм;
- діаметр ролика $d = 300$ мм;
- висота ролика $h = 150$ мм;
- висота підвісу маятника $H = 600$ мм;
- кут відхилення маятника від вертикальної осі $\alpha = 0 \dots 30^\circ$.

Фізичні властивості сталі, що використовуються в деталях вузла підвісу маятника – сталь 20:

модуль пружності – $E = 2,13 \times 10^5$ МПа ;

межа текучості – $s_T = 245$ МПа;

коефіцієнт Пуассона – $\nu = 0,3$;

густина – $\rho = 7800$ кг/м³.

					ЛП51(2).013116.01-70РР	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Результати числового аналізу НДС вузла підвісу маятника

Для виконання розрахунків на міцність використано програмні продукти [26, 27] Ansys (StaticStructural – DesignModeler, Mechanical), що побудовані на базі числового методу скінченних елементів (МСЕ). Результати побудови числової моделі МСЕ вузла підвісу маятника з врахуванням контактної взаємодії між конструкційними елементами та числового аналізу представлені на рисунках 5.1–5.8.

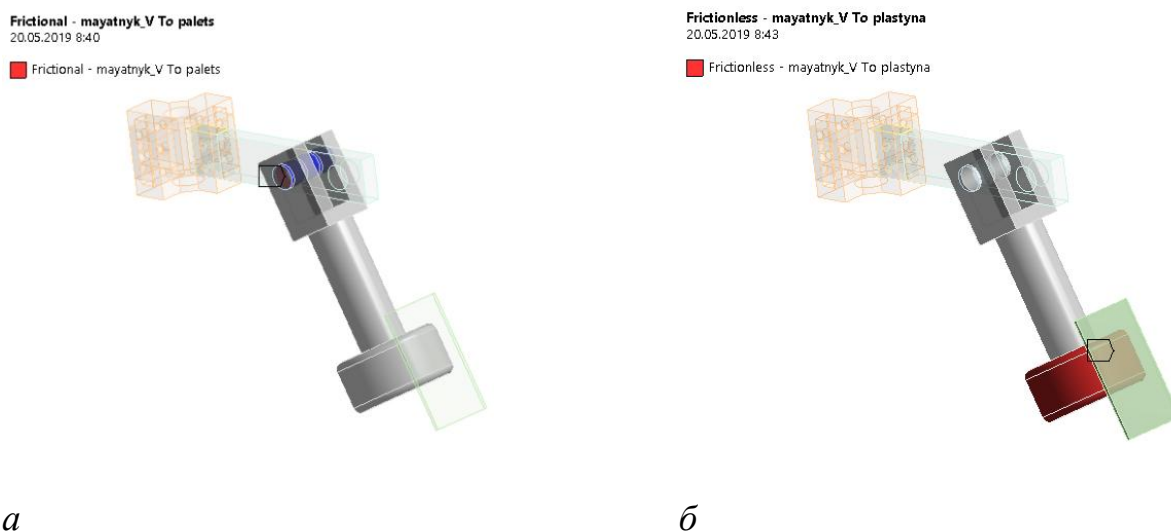


Рисунок 5.1 – Тривимірна модель вузла підвісу маятника. Контактні пари

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A: Static Structural 25 degree, freq 6,28

Static Structural

Time: 1, s

20.05.2019 8:44

- A** Cylindrical Support: 0, m
- B** Displacement
- C** Fixed Support
- D** Rotational Velocity: 6,28 rad/s
- E** Acceleration: 9,81 m/s²

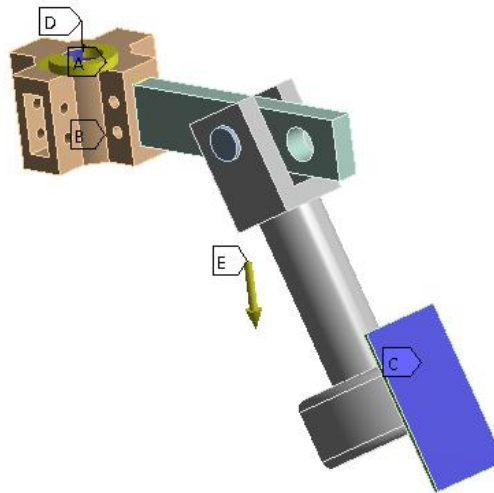
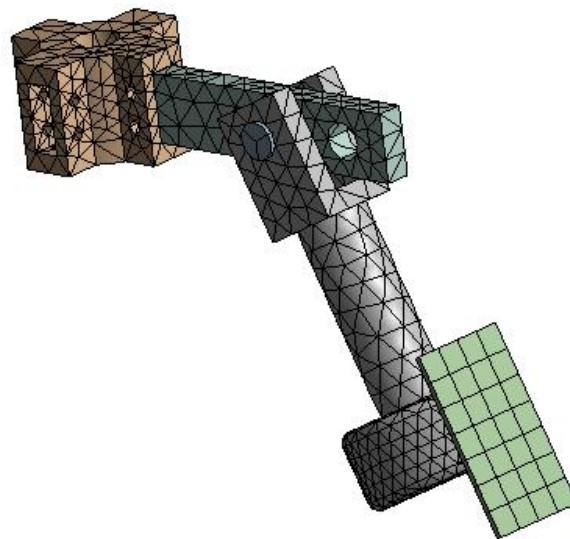


Рисунок 5.2 – Тривимірна модель вузла підвісу маятника. Закріплення та навантаження



10152 – вузлів; 5464 – скінченних елементів

Рисунок 5.3 – Дискретизація моделі вузла підвісу маятника

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A: Static Structural 25 degree, freq 6,28

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1
20.05.2019 9:04

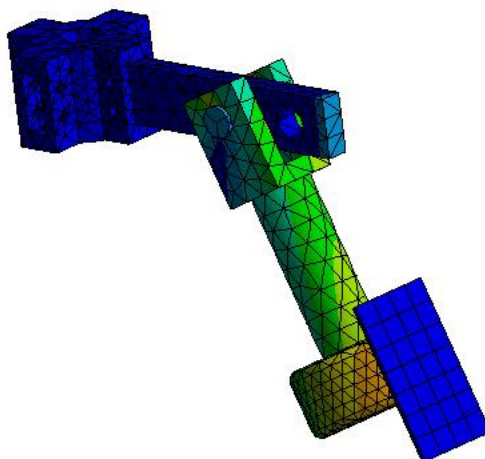
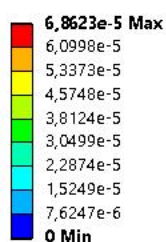


Рисунок 5.4 – Поле сумарних переміщень вузла підвісу маятника для кута відхилення маятника від вертикальної осі $\alpha \approx 25^\circ$

A: Static Structural 25 degree, freq 6,28

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: Pa
Time: 1
20.05.2019 9:05

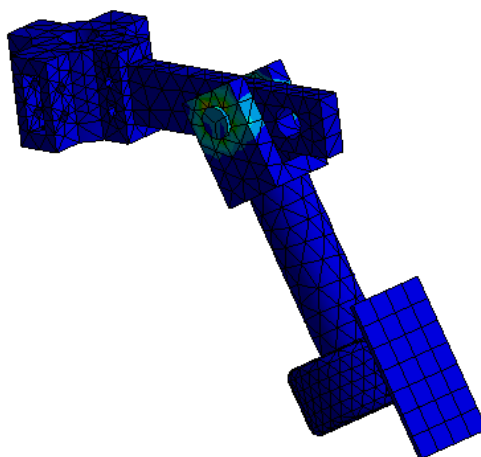
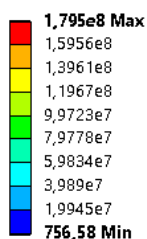


Рисунок 5.5 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом вузла підвісу маятника для кута відхилення маятника від вертикальної осі $\alpha \approx 25^\circ$

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A: Static Structural 25 degree, freq 6,28
 Safety Factor
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 20.05.2019 9:06

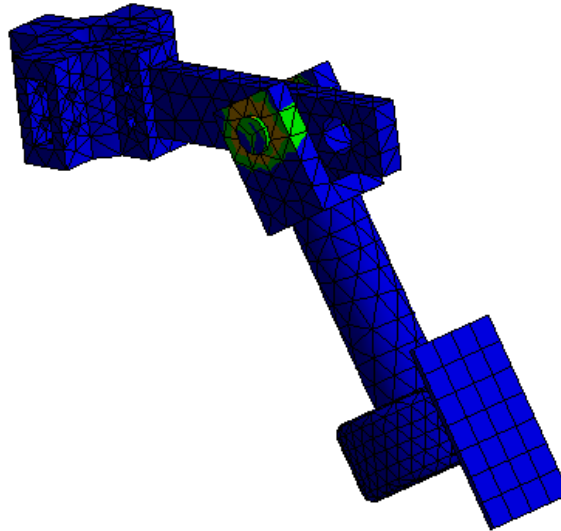
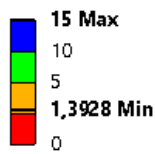


Рисунок 5.6 – Поле запасу міцності вузла підвісу маятника для кута відхилення маятника від вертикальної осі $\alpha \approx 25^\circ$

A: Static Structural 25 degree, freq 6,28
 Force Reaction
 20.05.2019 9:13

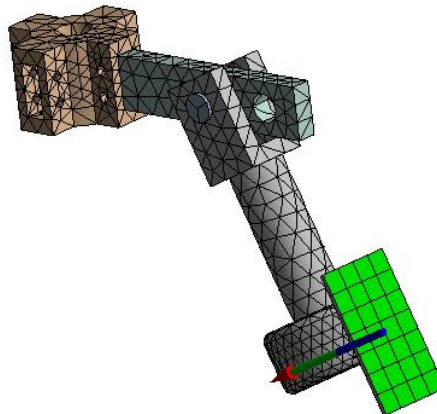


Рисунок 5.7 – Сила реакції опори ролика маятника (3455 Н) для кута відхилення маятника від вертикальної осі $\alpha \approx 25^\circ$

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

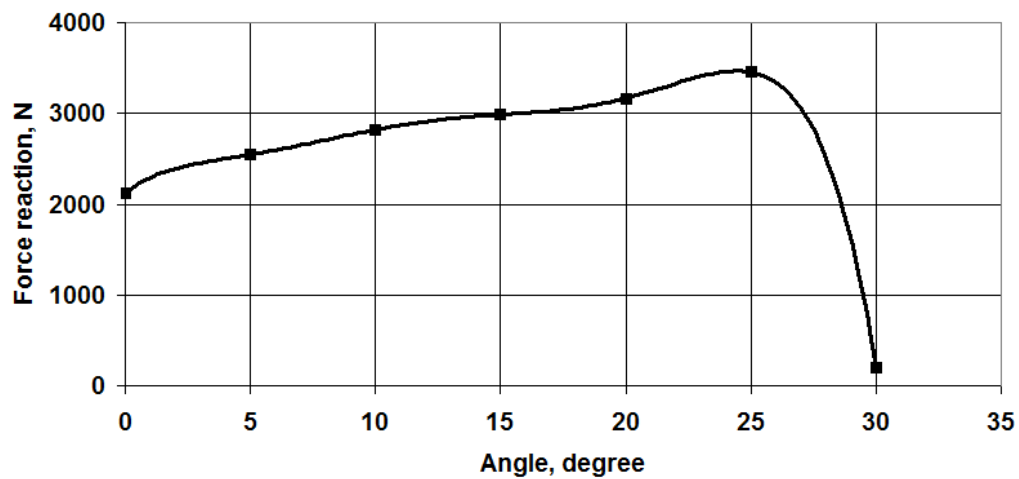


Рисунок 5.8 – Залежність сили реакції опори ролика маятника від зміни кута відхилення маятника від вертикальної осі $\alpha \approx 25^\circ$

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання низки розрахунків деталей і вузлів млина маятникового, а саме: параметричних, кінематичних та розрахунків на міцність; було підтверджено працездатність млина маятникового:

- параметричні розрахунки були підтверджені за допомогою заходів ПЕОМ, а саме на мові програмування Fortran. Розрахунки, які виконані для маятникового млина за методикою параметричних розрахунків у п. 1.1 і за розробленою програмою на мові програмування Fortran показують досить високу точність збіжності проведених розрахунків.

- було зроблено розрахунок на міцність тихохідного валу редуктора та обчислено діаметр найбільш небезпечного перерізу валу;

- за результатами числового аналізу НДС вузла підвісу маятника встановлено, що:

1. оптимальний кут відхилення маятника від вертикальної осі становить $\alpha \approx 25^\circ$, що забезпечує найбільше значення сили реакції опори ролика маятника – 3455 Н;
2. запас міцності конструкції вузла підвісу маятника ставить понад 1,39, що повинно забезпечити надійну і тривалу його експлуатацію, який спроектовано за заявкою № u201903686. Обраний матеріал сталь 20 для виготовлення деталей вузла підвісу маятника задовольняє усім умовам міцності конструкції.

					ЛП51(2).013116.01-70PP	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

ЗМІСТ

1 Технологія виготовлення Напівмуфти	2
1.1 Опис і призначення деталі	2
2 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ	24
2.1 Вибір пристосування для обробки деталі	24
2.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні.....	24
ВИСНОВКИ	27

					ЛП51(2).013116.01-70ТЕ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бондаренко П.О.			Млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Борщик С.О.					1	27
Реценз.						КПІ ім. І. Сікорського		
Н. Контр.								
Затверд.		Гондлях О.В.						

1 Технологія виготовлення Напівмуфти

1.1 Опис і призначення деталі

При виконанні розділу "Технологія машинобудування" даного дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення деталі "Напівмуфта", призначено послідовність виконання технологічних операцій виготовлення деталі.

Деталь "Напівмуфта" (Рисунок 1.1) являється складовою частиною вузла приводу і слугує для передавання крутного моменту з валу редуктора на вертикальний вал млина маятникового, що забезпечує приведення у дію розмельного вузла. На деталь діє динамічне навантаження. Напівмуфта є деталлю класу корпусних деталей [31].

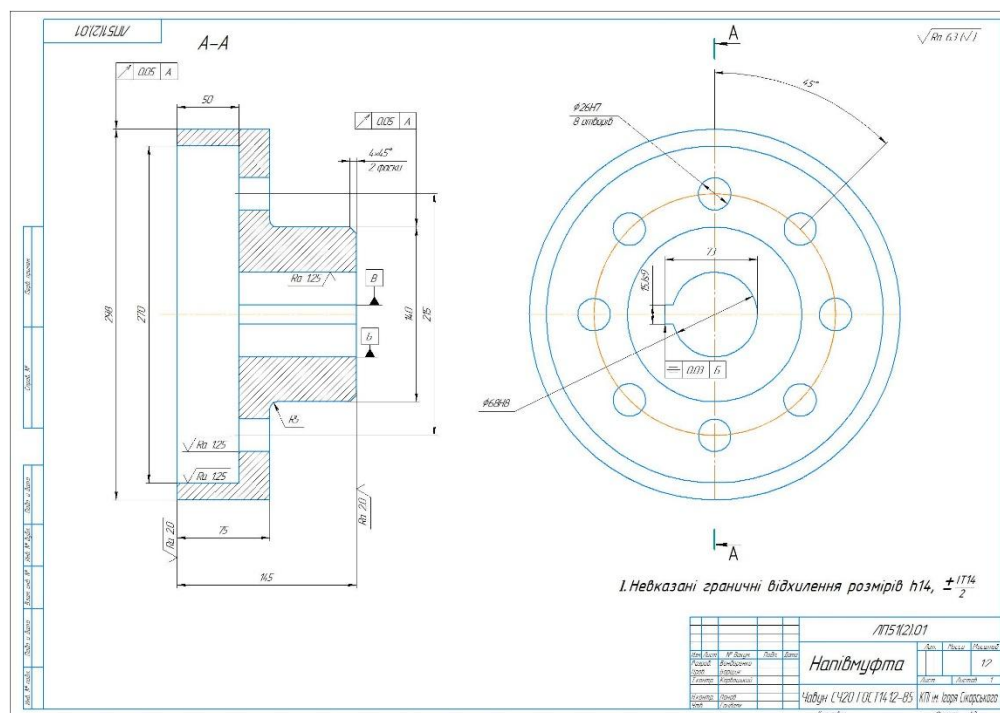


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі "Напівмуфта"

					ЛП51(2).013116.01-70ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

У результаті технологічного контролю креслення виявлено наступне:

- на кресленні вказано всі необхідні розміри для виготовлення даної деталі;
- шорсткість на всіх поверхнях деталі вказано відповідно до ГОСТ 2789-73;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі "Напвмуфта" відповідають вимогам, що пред'явлено до шорсткості даних поверхонь.

Деталь виготовляється зі сірого чавуна СЧ 20 (ГОСТ 1412).

Чавун	Товщина стілки випивка, мм	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
					не більше	
СЧ20	10-30	3,2-3,5	2,0-2,4	0,7-1,1	0,15	0,4

Межа міцності: при розтягуванні $\sigma_B = 150$ МПа

при вигинанні $\sigma_B = 250$ МПа

$HB = 163-229$ кгс/мм²

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції корпусу робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати литу заготовку. З усіх способів утворення литих заготовок [34] у розглянутому випадку можна застосувати лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями, лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за дерев'яними моделями, лиття в оболонкові форми, лиття за моделями, які виплавляються, і лиття в металеві форми (кокілі). Три останні способи дозволяють забезпечити вищу якість виливків, ніж лиття у піщано-глинисті форми, але вони вимагають більших затрат на виготовлення ливарного оснащення

					ЛП51(2).013116.01-70TE	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та організацію дільниці ливарного цеху і більш складні. При литті заготовок середніх розмірів з чавуну в металеві форми стійкість форм низька і складає 100500 виливків [34]. Враховуючи розміри і матеріал корпусу, невисокі вимоги до якості виливків і найменшу вартість лиття у піщано-глинисті форми, заготовку будемо виготовляти литтям у піщано-глинисті сирі форми із формувальних сумішей з вологістю від 3,5 до 4,5 % і міцністю від 60 до 120 кПа (від 0,6 до 1,2 кгс/см²) з рівнем ущільнення до твердості, не нижчої 70 одиниць (див. ГОСТ 26645-85). Формування машинне за металевими моделями. Термічну обробку виливка не застосовуємо.

Литий отвір під Ø 68H8 буде формуватися за допомогою суцільного циліндричного стержня-вставки без ливарних уклонів по довжині отвору.

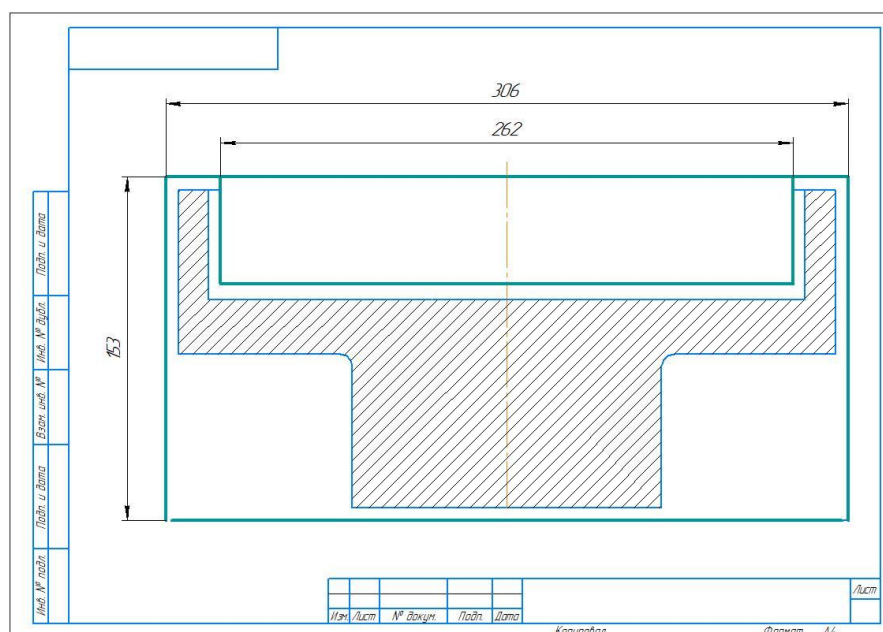


Рисунок 1.2 – Заготовка деталі "Напівмуфта"

Знаючи матеріал деталі і її конфігурацію, можна виявити, що деталь виготовляється литтям, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при отриманні заготовки. Однак виливка потребує застосування стержневої формовки для утворення внутрішніх порожнин (для формування внутрішніх отворів застосовується збірні

					ЛП51(2).013116.01-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

стержні).Багато поверхонь деталі необроблювані, тобто отримуються литтям.; Форма і розташування отвору зручні для обробки з двох боків виливки. Виливок має достатньо товсті стінки, що виключає їх „непроливи”, не має різких переходів від тонких стінок до товстих; клас точності і формувальні уклони відповідають вимогам стандартів; залишки ливників і випорів можна сумістити з припуском на обробку; відходи металу при механічній обробці будуть невеликі. В цілому деталь є досить технологічною, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, оскільки:

- до оброблюваних поверхонь є вільний доступ інструмента;
- жорсткість деталі є достатньою і не обмежує режимів різання;
- базові поверхні мають велику протяжність;
- відсутні оброблювані площини, що розташовані під тупими або гострими кутами;
- в конструкції відсутні внутрішні різьби великого діаметру

Для досягнення високої якості та продуктивності при виготовленні деталі "Напівмуфта" в усіх операціях обробки використовуємо спеціальні пристрої з швидкодіючим затисканням заготовок.

Технологічний процес виготовлення напівмуфти наводимо в маршрутній карті, картах ескізів та операційній карті виготовлення.

					ЛП51(2).013116.01-70ТЕ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дубл.																
Взамін.																
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата		
Розробив	Бондаренко П.О.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ										
Перевірів	Борщик С.О.															
Н. контр.						Напівмуфта							Н			
M01	Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85															
	Код	ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри	КД	МЗ						
M02		Кз	1,5	1		0,72			1	2,1						
А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код, найменування операції			Позначення документу								
Б	Код, найменування обладнання					См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
A01				005	3508 Фрезерна			60141.00001; 20141.00001; 10П№ХХ-ХХ								
B02	38261.XXXX Токарний верстат 1Б265-4К						18632	3	10	1	1	1	50	1		
03																
A04				010	3608 Токарна			60141.00002; 20141.00002; 10П№ХХ-ХХ								
B05	38261.XXXX Токарний верстат 1Б265-4К						18632	3	10	1	1	1	50	1		
06																
A07				015	3708 Токарна			60141.00003; 20141.00003; 10П№ХХ-ХХ								
B08	38261.XXXX Токарний верстат 1Б265-4К						18632	3	10	1	1	1	50	1		
09																
A10				020	3808 Токарна			60141.00003; 20141.00003; 10П№ХХ-ХХ								
B11	38261.XXXX Токарний верстат 1Б265-4К						18632									
12																
A13				025	3908 Токарна			60141.00003; 20141.00003; 10П№ХХ-ХХ								
B14	38261.XXXX Токарний верстат 1Б265-4К						18632									
15																
A16				030	4008Протяжна			60141.00003; 20141.00003; 10П№ХХ-ХХ								
B17	38261.XXXX Горизонтально-протяжний напівавтомат 7Б55						18632									
МК	Обробка різанням															

<i>Зм</i>	<i>Ар</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

M01	Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85	
-----	-------------------------	--

A	Цех	Уч	Рм	Опер	Код, найменування операції	Позначення документу
---	-----	----	----	------	----------------------------	----------------------

A19	035	4108 Вертикально-свердлильна	60141.00001; 20141.00001; 10П№XX-XX
-----	-----	------------------------------	-------------------------------------

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

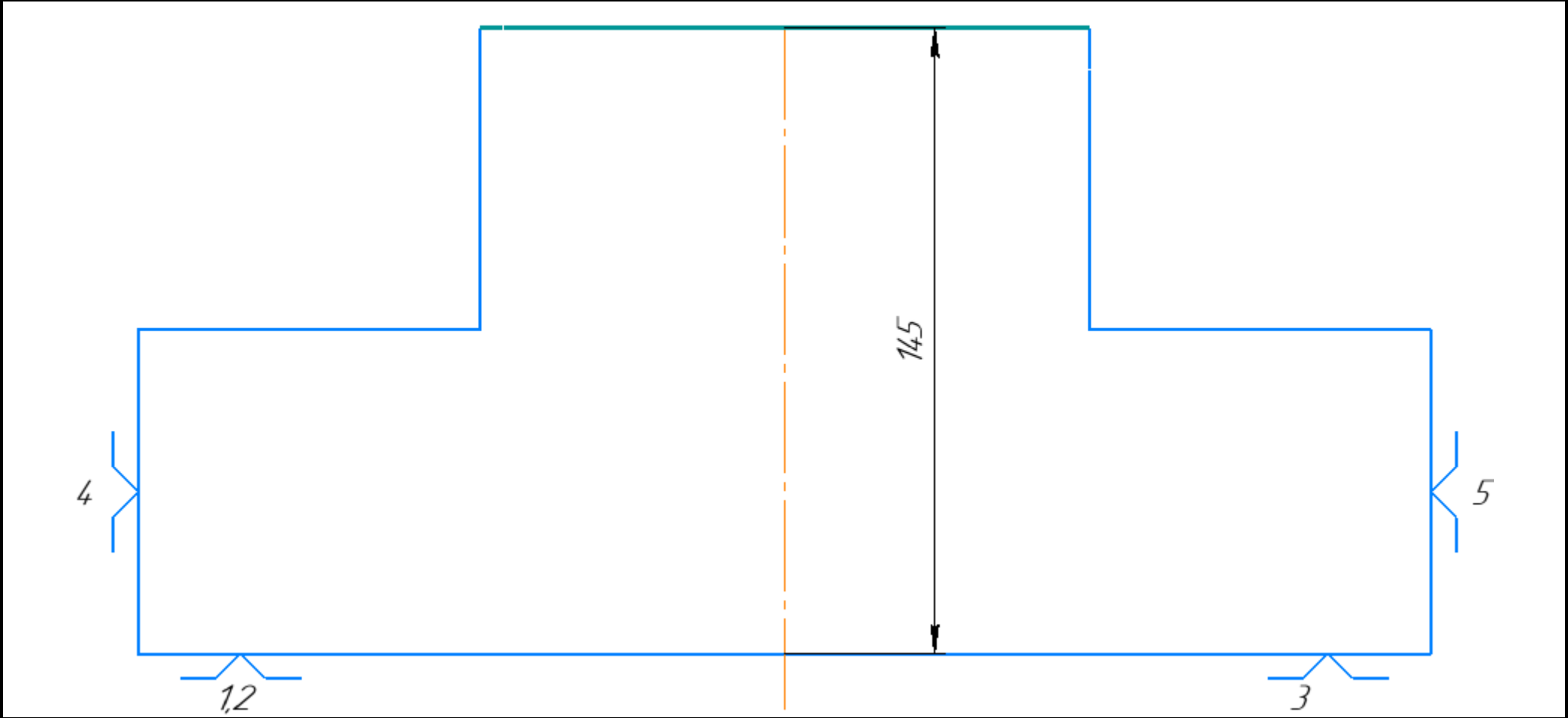
МК	Обробка різанням	
----	------------------	--

--	--

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

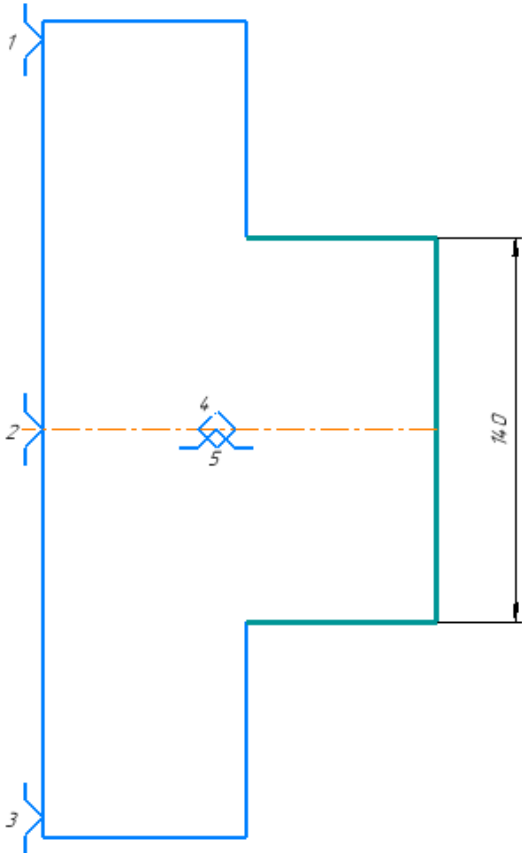
Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		005			
Перевірів	Борщик С.О.								
				Напівмуфта			Н		
Н. контр.									



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

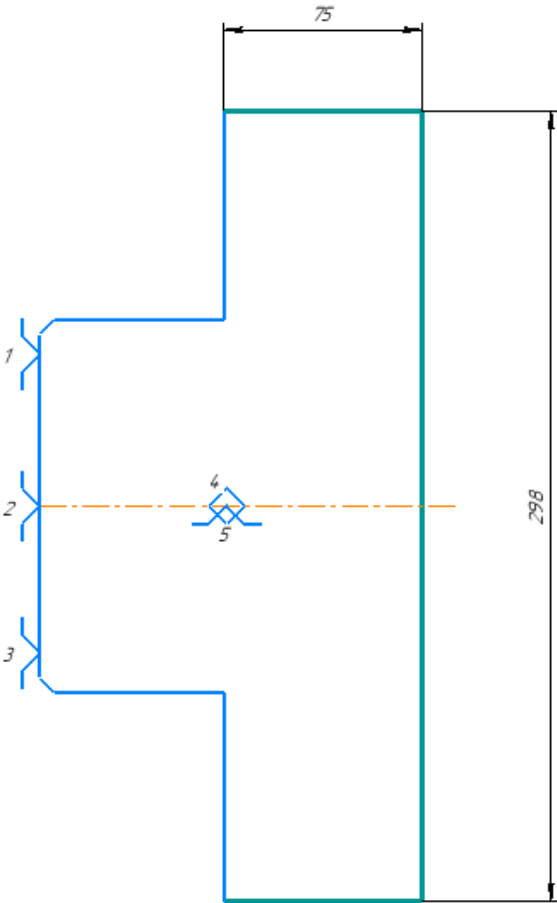
Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		010		
Перевірів	Борщик С.О.							
Н. контр.				Напівмуфта		H		



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

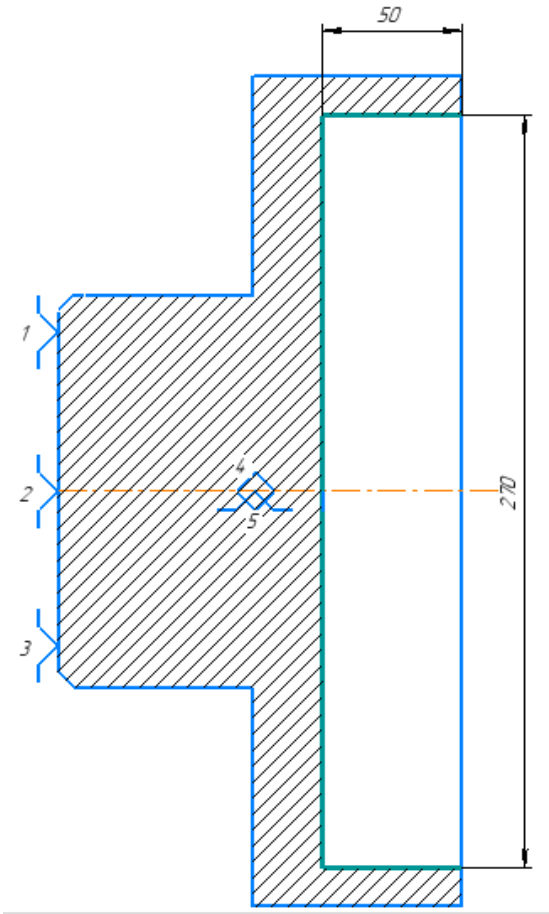
Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		015		
Перевірів	Борщик С.О.							
Н. контр.				Напівмуфта		Н		



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

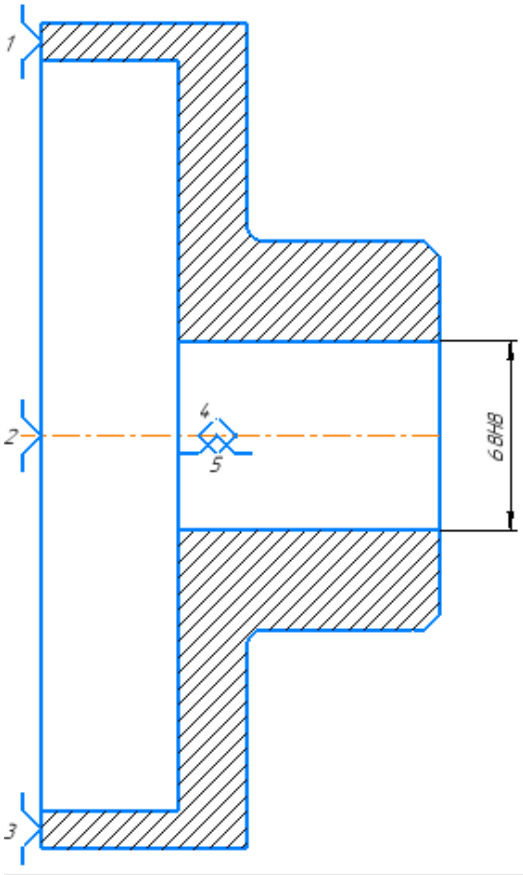
Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		020	
Перевірів	Борщук С.О.						
				Напівмуфта		Н	
Н. контр.							



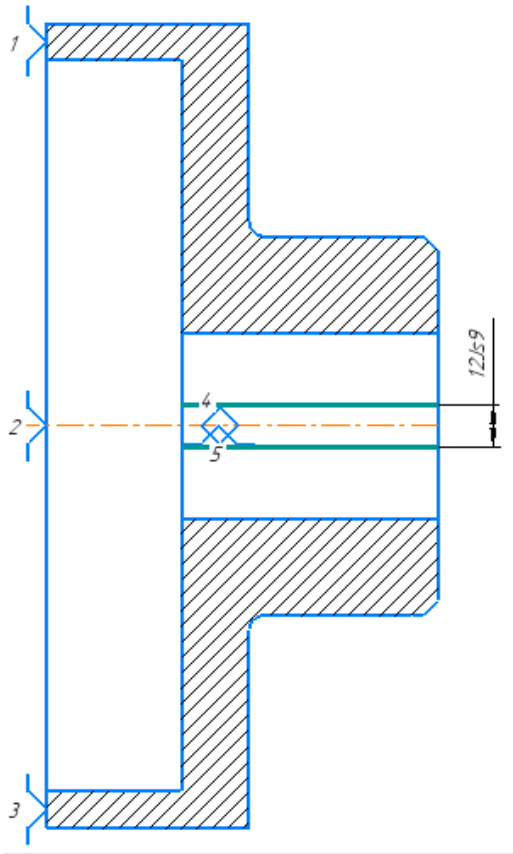
Дубл.													
Взамін.													
Підпис									Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ									
Перевірів	Борщук С.О.											025	
Н. контр.												Н	



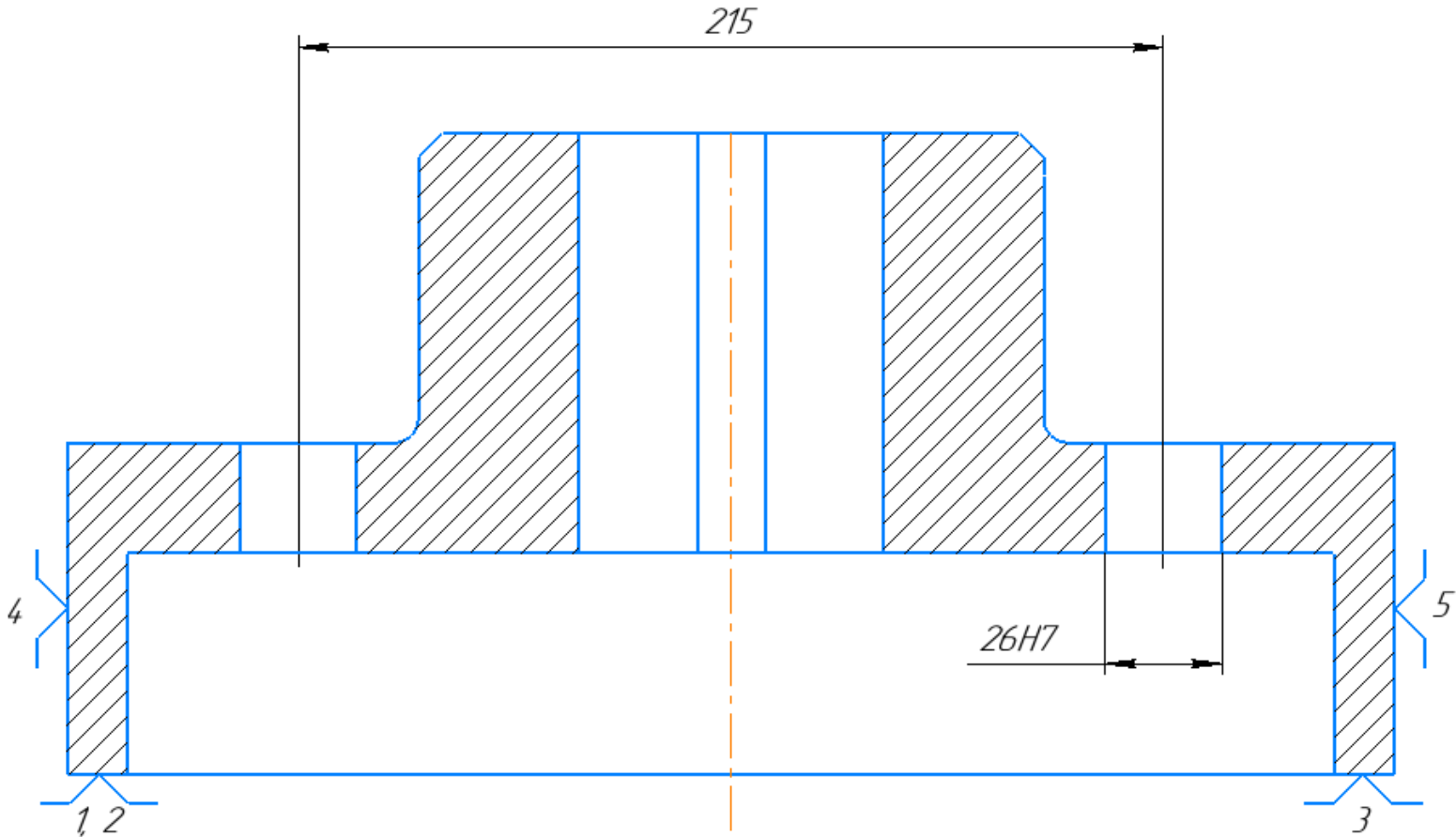
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис Дата

Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ			030			
Перевірів	Борщик С.О.									
Н. контр.				Напівмуфта						Н



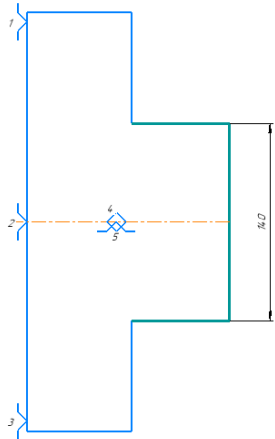
Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ										
Перевірів	Борщик С.О.												035	
Н. контр.													Н	



Дубл.													
Взамін.													
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис Дата

Розробив	Бондаренко П. О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ					
Перевірів	Борщик С. О.								
Н. контр.				Напіємуфта			Н		010



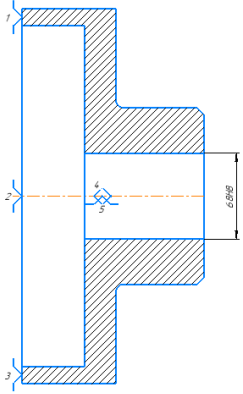
Назва операції				Матеріал		
Токарна				Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85.		
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	Коод
	кг	1,5			2,3	1
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		
Токарний верстат 1Б265-4К						
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР		
				Емульсія		

Р		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Точити поверхню Ø140 начорно								
T02	2. Точити поверхню Ø140 начисто								
O3	3. Зняти фаску 4x45°								
O04									
T05									
T06									
P07									
O8									
O9									
O10									

OK	Обробка різанням									
----	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.													
Взамін.													
Підпис									Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ					
Перевірів	Борщик С.О.								
Н. контр.				Напіємуфта			Н		025



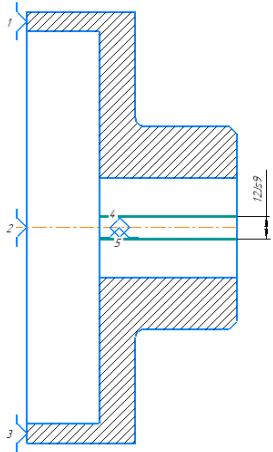
Назва операції				Матеріал		
Токарна				Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85.		
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	Коод
	кє	1,5			2,3	1
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		
Токарний верстат 1Б265-4К						
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР		
				Емульсія		

P		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Розточити отвір Ø68H8 начорно								
T02	2. Розточити отвір Ø68H8 начисто								
O3									
O04									
T05									
T06									
P07									
O8									
O9									
O10									

OK	Обробка різанням								
----	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

Розробив	Бондаренко П.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ					
Перевірів	Борщик С.О.								
Н. контр.				Напіємуфта			Н		030

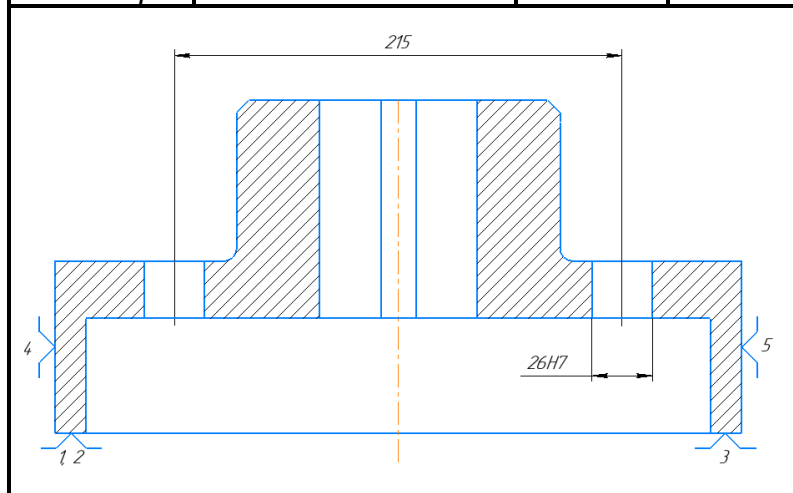


Назва операції				Матеріал		
Протяжна				Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85.		
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	Коод
	кг	1,5			2,3	1
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		
Горизонтально-протяжний напієавтомат 7Б55						
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР		
				Емульсія		

Р		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Протягнути шпонковий паз b=20, h=12.								
T02									
O3									
O04									
T05									
T06									
P07									
O8									
O9									
O10									

Форма 2

<i>Дубл.</i>			
<i>Взамін.</i>			
<i>Підпис</i>			

[illegible]

Назва операції				Матеріал	
Вертикально-свердлильна				Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85.	
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		Коод
	кє	1,5			1
Обладнання, пристрій ЧПК			Позначення програми		
Вертикально-свердлильний верстат 2А125					
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР	
				Емульсія	

[illegible]

2 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

2.1 Вибір пристосування для обробки деталі

Токарний трикулачковий патрон призначений для закріплення оброблюваних заготовок на верстатах токарної групи в умовах серійного й масового виробництва [32].

Установка заготовок у трикулачкові патрони відбувається при обробці деталей невеликої довжини, порівняно із діаметром [32].

На кресленні ЛП51(2).0103111.006-70СК наведено пневматичний трикулачковий патрон. Деталь при обробці закріплюють в кулачках 3 притискають торцем до корпусу 1, надійно затискаючи заготовку для подальшої обробки [32].

2.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні

У процесі обробки заготовки на неї впливає система сил (рисунок 2.1). З одного боку на неї діє складова сили різання, а з іншого – сила затиску, яка перешкоджає силі різання. За умови рівноваги даних моментів сил і з врахуванням коефіцієнта запасу визначаються потрібне затискне і початкове зусилля за методикою [31].

					ЛП51(2).013116.01-70ТЕ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

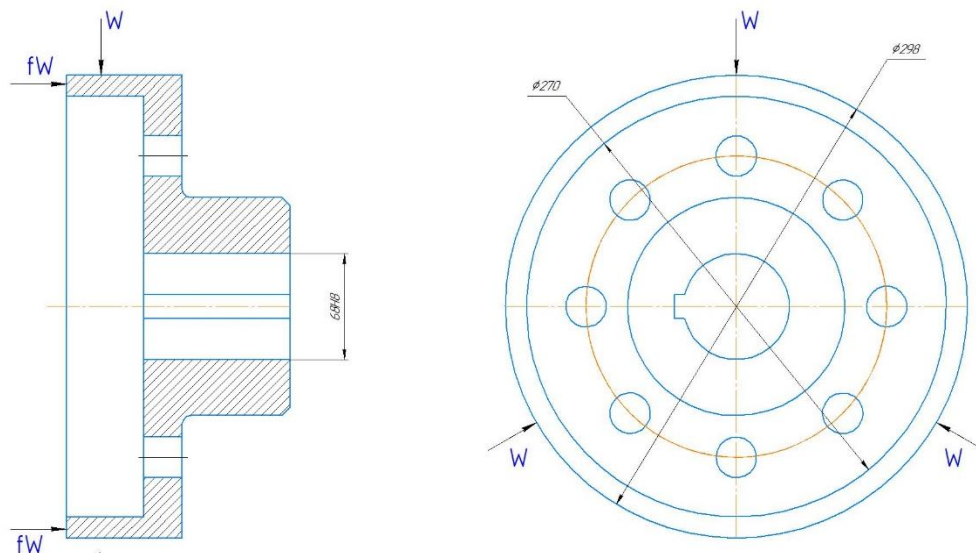


Рисунок 2.1 – Система сил, які діють на деталь в процесі обробки

Сумарний крутний момент від дотичної складової сили різання, що прагне повернути заготовку у кулачках дорівнює:

$$M_p = P_z r_1$$

Повороту заготовки перешкоджає момент сили затиску, який визначається наступним чином:

$$M_z = W_{\text{сум}} f r$$

У приведених формулах прийнято: P_z – головна складова сили різання, яка прагне перевернути заготовку; $P_z = 885$ за попередніми розрахунками, r_1 – радіус обробленої частини деталі; r – радіус необробленої частини деталі; f – коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і кулачків; $W_{\text{сум}} = 3W$ – сила затискання деталі трьома кулачками патрона.

Із рівності цих моментів визначимо необхідне зусилля затиску, що перешкоджає повороту заготовки у кулачках:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K P_z r_1}{f r}$$

де K - коефіцієнт запасу:

					ЛП51(2).013116.01-70TE	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$$

де $K_0 = 1.5$ – гарантований коефіцієнт запасу для усіх пристроїв;

$K_1 = 1.2$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні оброблюваної заготовки;

$K_2 = 1$ – коефіцієнт, який враховує вплив сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

$K_4 = 1.5$ – коефіцієнт, який враховує сталість сили затиску, яка створюється приводом пристосування;

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, який враховує зручність розташування рукояток у затискному пристрої;

$K_6 = 1$ – коефіцієнт, який враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку.

Значення коефіцієнта запасу:

$$K = 1.5 \times 1.2 \times 1 \times 1.5 \times 1 \times 1 = 2.7$$

Зусилля затиску у трьохкулачковому патроні, яке перешкоджає провороту деталі при обробці:

$$W_{\text{сум}} = \frac{2.7 \times 885 \times 215}{0.35 \times 216} = 6690 \text{ Н}$$

де $r_1 = 215$ мм, $r = 216$ мм, $f = 0.35$ – коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки й кулачків.

Приймаємо зусилля затиску $W_{\text{сум}} = 6.7$ кН.

					ЛП51(2).013116.01-70TE	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В процесі розробки технологічного процесу виготовлення напівмуфти були виконані наступні пункти:

- розглянуто призначення напівмуфти, клас деталі та її конструктивні особливості;
- проаналізована технологічність напівмуфти та її заготовки;
- призначено спосіб виготовлення деталі та розроблено її ескіз;
- розроблено маршрутні, операційні карти та карти ескізів виготовлення напівмуфти;
- підібрано необхідні види та моделі металорізальних верстатів;
- розроблено конструкцію пристосування, наведено його опис принципу роботи і розрахунок та виконано креслення на аркуші формату А1.

					ЛП51(2).013116.01-70TE	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконано дипломний проект на тему «Маятниковий млин з модернізацією вузла підвісу маятника» за мету якого було поставлено вивчити призначення, конструкцію машин та принцип роботи і провести модернізацію вузла підвісу маятника млина маятникового.

Було проведено виконання наступних етапів:

- обрано та проведено опис технологічної схеми по виробництву гіпсу будівельного, в якій застосовують млин маятниковий.
- проаналізовано характеристики технічні млина маятникового;
- проведено літературно – патентні дослідження конструкційної модернізації млина маятникового з метою модернізації вузла підвісу маятника. По завершенню пошуку технічних рішень, було прийнято рішення створити нову корисну модель [28], що забезпечує регулювання зусилля дроблення, яке діє на оброблюваний матеріал з боку роликів, не лише за рахунок змінювання кутової швидкості вертикального валу, а й за рахунок зміни довжини маятників і радіуса їх підвісу на стрижнях хрестовини, що розширює технологічні можливості млина;
- розроблено розділ «Охорона праці». Було виявлено , що під час роботи існують низка шкідливих і небезпечних факторів : повітря зони робочої, електробезпека, пожежна безпека;
- розглянуто механічні та економічні показники, що підтверджують доцільність та ефективність модернізації вузла підвісу маятника млина маятникового.

В результаті виконання низки розрахунків деталей і вузлів млина маятникового, а саме: параметричних, кінематичних та розрахунків на міцність; було підтверджено працездатність млина маятникового:

- параметричні розрахунки були підтверджені за допомогою заходів ПЕОМ, а саме на мові програмування Fortran. Розрахунки, які

					ЛП51(2).013116.01-70ДП	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

виконані для маятникового млина за методикою параметричних розрахунків у п. 1.1 і за розробленою програмою на мові програмування Fortran показують досить високу точність збіжності проведених розрахунків.

- було зроблено розрахунок на міцність тихохідного валу редуктора та обчислено діаметр найбільш небезпечного перерізу валу;

- за результатами числового аналізу НДС вузла підвісу маятника встановлено, що:

1. оптимальний кут відхилення маятника від вертикальної осі становить $\alpha \approx 25^\circ$, що забезпечує найбільше значення сили реакції опори ролика маятника – 3455 Н;
2. запас міцності конструкції вузла підвісу маятника ставить понад 1,39, що повинно забезпечити надійну і тривалу його експлуатацію, який спроектовано за заявкою № u201903686. Обраний матеріал сталь 20 для виготовлення деталей вузла підвісу маятника задовольняє усім умовам міцності конструкції.

В процесі розробки технологічного процесу виготовлення напівмуфти були виконані наступні пункти:

- розглянуто призначення напівмуфти, клас деталі та її конструктивні особливості;

- проаналізована технологічність напівмуфти та її заготовки;

- призначено спосіб виготовлення деталі та розроблено її ескіз;

- розроблено маршрутні, операційні карти та карти ескізів виготовлення напівмуфти;

- підібрано необхідні види та моделі металорізальних верстатів;

- розроблено конструкцію пристосування, наведено його опис принципу роботи і розрахунок та виконано креслення на аркуші формату А1.

Підготовлено та опубліковано відповідно до теми бакалаврського дипломного проекту тези .

					ЛП51(2).013116.01-70ДП	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. studopedia.info [Електронний ресурс]/ «Технология производства строительного гипса с использованием котлов непрерывного действия». Режим доступу: <https://studopedia.info/5-77077.html>

2.Коваленко, І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв.: навч. посібник [Текст] / І.В Коваленко, В.В. Малиновський. К.: «Воля-Інрес», 2006. – 100 с.

3. Тимонін О.М. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів.: атлас конструкцій [Текст]/ О.М. Тимоніна.: Київ – 2015. – 70с.

4.Дубинін, А.І. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів.: навч. посібник [Текст] / А. І. Дубинін, В. М. Атаманюк, В. П. Дулеба, Д. М. Симак. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 292 с.

5. Пат. 201410445081, Китай, В02С1 15/00 (2006.01) Нінг Джін – № 104162469 заявл. – 26.11.2014, опубл. – 09.11.2016.

6. Пат. 201310413529, Китай, В02С17/14 (2015.03) Чангфен Аі – № 104437766 заявл. – 25.03.2015, опубл. – 03.05.2017.

7. Пат. 201810321518, Китай, В07В7/083 (2018.08) Ченджгуан Лаі, Хаіран Юі – № 108435337 заявл. – 24.08.2018, опубл. – 18.09.2018.

8. Пат. 2016142139, Росія, В02С15/00 (2006.01) Герар Норбер – № 2673191 заявл. – 16.04.2015, опубл. – 22.11.2018.

9. Пат. 2014112248, Росія, В02С15/00 (2006.01) Грицяк В.А., Діденко І.Н., Дубина О.В., Ковальчук І.А. – № 2609258 заявл. – 31.01.2014, опубл. – 31.01.2017.

10. Пат. 2110325, Росія, В02С 7/18 (1995.01) Андреєв П.І.– № 2110325 заявл. – 28.08.1996, опубл. – 10.05.1998.

11. Пат. 2018541296, Японія, В02С15/04 Барті Ральф – № 2019504764 заявл. – 19.11.2018, опубл. – 20.12.2018.

					ЛП51(2).013116.01-70ДП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

12. Пат. 201013138264, США, B02C15/02 Гальк Йоахім, Вієнкен Юрген, Сімонс Тоні, Швамборн Карл–Хенз, Пліхал Гюнтер – № 2011278386 заявл. – 16.11.2011, опубл. – 04.02.2014.

13. Пат. 2108866, Росія, B02C 15/02 (1995.01) Шестаков К.В., Фарков Г.С., Гузь М.А. – № 2108866 заявл. – 23.08.1996, опубл. – 20.04.1998.

14. Пат. 2009121478, Росія, B02C 15/02 (2006.01) Артюхов Є.А., Ігнатов В.І. – № 2393018 заявл. – 02.06.2009, опубл. – 27.06.2010.

15. Пат. 2010125195, Росія, B02C 15/06 (2006.01) ХАО Чжиган – № 2484902 заявл. – 14.11.2008, опубл. – 20.06.2013.

16. Пат. 2004123075, Росія, B02C 15/10 (2006.01) Верич Є.Д., Єгошин Ю.С. – № 2345838 заявл. – 28.07.2004, опубл. – 10.02.2009.

17. Пат. 2011136486, Росія, B02C 15/10 (2006.01) Верич Є.Д., Єгошин Ю.С. – № 2480287 заявл. – 01.09.2011, опубл. – 27.04.2013.

18. Пат. 2004123075, Росія, B02C 15/08 (2006.01) Ярум А.І, Самайлов В.А. – № 2004123075 заявл. – 28.07.2004, опубл. – 27.01.2006.

19. Пат. 2007110876, Росія, B02C 15/06 (2006.01) Хобатков А.М., Коган Б.І., Самохін А.А. – № 2339450 заявл. – 23.03.2007, опубл. – 27.11.2008.

20. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене./ К.Н.Ткачук, М.О. Халимовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448с.

21. Анурьев В.І. Метод. Вказівки для викон. Завдань з дисципліни «Машинобудування», для студ. Спец., 6.050501, 6.050502, «Технології машинобудування» /Уклад.: В.І. Анурьев – К. : Машинобудування, 1978. – 720с.

22. Сапожников М.Я. Метод. Вказівки до викон. Завдань з дисципліни «Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций», для студ. спец. 1.360701, «Машины та апарати хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» / Уклад.: М.Я. Сапожников – К. : Высшая школа, 1971. – 382 с.

					ЛП51(2).013116.01-70ДП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

23. Сапожников М.Я. Метод. вказівки до викон. завдань з дисципліни «Машины и аппараты промышленности строительных материалов», для студ. спец., 1.360701, «Машины та апарати хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» / Уклад.: М.Я. Сапожников – К. : Высшая школа, 1971. – 112 с.

24. Боганов А.И. Метод. вказівки до викон. Завдань з дисципліни «Механическое оборудование цементных заводов», для студ. спец., 6.050501, 6.050502 «Технології машинобудування» / Уклад.: А.И. Боганов – К. : Машиностроение – 336 с.

25. Механіка суцільних середовищ. Теоретичні основи навчальної дисципліни [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування», «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів і виробів» / А. Я. Карвацький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 290 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 10 від 21.06.2018 р.) <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/23917>

26. Ansys simulation Driven Product Development // Режим доступа: <http://www.ansys.com>.

27. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды. Практическое руководство / Под. ред. проф А. К. Любимова. — Н. Новгород : изд. Нижегородского госуниверситета, 2006. — 227 с.

28. Заявка u201903686, МПК(2019.01) B02C 15/08. Ролико-маятниковый млин / В. Ю. Щербина, А. Я. Карвацький, І. О. Мікульонок, П. О. Бондаренко ; заявник – КПІ ім. Ігоря Сікорського ; дата подання 10.04.2019.

29. Карвацький А.Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Програмна реалізація та візуалізація результатів [Текст]: Навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2015. – 392 с.

					ЛП51(2).013116.01-70ДП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

30. Карвацький А.Я. Механіка суцільних середовищ. Розв'язання задач [електронний ресурс]: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 391 с.

31. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

32. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

33. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникумов. М., "Высш. школа", 1974. – 263с.

34. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. школа, 1983. – 256 с.

35. Коваленко І.В. Методичні вказівки для виконання дипломних проектів бакалаврів кафедри ХПСМ з напрямів підготовки 6.050503 – машинобудування, 6.050502 – інженерна механіка / Г.М. Васильченко, І.В. Коваленко, В.І. Сівецький, А.А. Шаповал, В.Ю. Щербина, К.: НТУУ «КПІ», 2016-47с.

36. Розрахунки основних процесів машин та апаратів хімічних виробництв: Навч. посіб. / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – К.: Норіта-плюс, 2007 – 216 с. Детали машин

37. Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 464 с.

					ЛП51(2).013116.01-70ДП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ДОДАТКИ

ЛИСТИНГ ПРОГРАМИ РОЗРАХУНКУ НА ЕОМ

Опис ідентифікаторів програми Fortran

Таблиця – Ідентифікатори в мові програмування Fortran

№ п/п	За текстом	У програмі	Числове значення	Одиниці вимірювання	Тип	Запис (вводу)
1	$D_{сер}$	Dmid	0,02	м	Real	0.02
2	d	Drol	0,3	м	Real	0.3
3	β	beta	0,608	рад	Real	0.608
4	i	ai	30	-	Real	30
5	f	f	0.35	-	Real	0.35
6	π	PI	3.14	-	Real	3.14
7	σ	sigma	0.19	МПа	Real	0.19E6
8	n	An	1.5	об/с	Real	1.5
9	η	anu	0.75	-	Real	0.75
10	μ	amu	0.5	-	Real	0.5
11	D	D	0.993	м	Real	0.993
12	z	z	4	-	Real	4
13	P	P	Обчислюється		Real	
14	G	AG	Обчислюється		Real	
15	$d_{сер}$	Dm	Обчислюється		Real	
16	Π_p	Prod	Обчислюється		Real	
17	N	Pot	Обчислюється		Real	

Текст програми для розрахунків маятникового млина

```
program q123
```

```
! Розрахунок продуктивності маятникового млина
```

```
Real Ro, Dmid, ai, anu, f, sigma, Drol, Pi, amu, z, D, beta, An
```

```

Data sigma/0.19E6/, Ro/1800/, f/0.35/, ai/30/, Drol/0.3/, Dmid/0.02/,
Pi/3.14/, amu/0.5/, z/4/, anu/0.75/, D/0.993/, beta/0.608/, An/1.5/
P=(Drol**2)*beta*sigma/4
AG=(Pi*Drol**2)/4
Dm=Dmid/ai
Prod=1800*Pi*D*Drol*An*Dm*amu*Ro*z
Pot=Pi*D*An*P*z*(1+f)/(anu*10**4)
WRITE(*,*) 'Prod=', Prod, 'Dm=', Dm, 'P=', P
WRITE(*,*) 'Perform Pavlo Bondarenko'
STOP
END program q123

```

Результат роботи програми для розрахунків маятникового млина

Вхідні дані параметричних розрахунків маятникового млина. Насипна густина матеріалу $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$; середній розмір шматка $D_{\text{сер}} = 0,02 \text{ м}$; діаметр ролика $D = 0,3 \text{ м}$; кількість маятників $z = 4$; ступінь подрібнювання $i=30$; коефіцієнт тертя ролика по матеріалу $f = 0,35$;

Результати:

$Prod = 6061.43066 \text{ кг/год}$

$P = 2599.19995 \cdot 10^{-6} \text{ МН}$

$Dm = 6.66666660E-04 \text{ м.}$

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітки	
				Документація			
A1			ЛП51(2).013113.000-70B3	Вигляд загальний	1		
				Складальні одиниці			
		1		Ролик	1		
		2		Стакан внутрішній	1		
		3		Корпус – стакан	1		
		4		Маятник	4		
		5		Корпус рознімний	1		
		6		Сепаратор рознімний	1		
		7		Клапан надлишкового	1		
				тиску	1		
		8		Камера змішування	2		
		9		Сопло	1		
		10		Горизонтальний патрубок	1		
		11		Хрестовина	1		
		12		Вертикальний вал	1		
		13		Завантажувальний бункер	1		
		14		Кільцевий колектор	1		
		15		Трубопровід	1		
		16		Відцентровий вентилятор	1		
		17		Електродвигун	1		
		18		Муфта	1		
		19		Редуктор	1		
		20		Розмельне кільце	1		
				ЛП51(2).013113.000-70СП			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Бондаренко				Млин маятниковий з модернізацією вузла підвісу маятника		
Перев.							
Керів.	Карвацький						
Н.конт							
Затв.	Гондляр						
					Літ	Аркуш	Аркушів
						1	5
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка	
		<u>Документація</u>			
	ЛП51(2).013115.001 –70ТС	Експлікація			
		<u>Складальні одиниці</u>			
1		Автосамоскид	1		
2		Приймальний бункер	1		
3		Стрічковий живильник	1		
4		Щокова дробарка	1		
5		Ланцюговий живильник	1		
6		Маятниковий млин	1		
7		Піч	1		
8		Вентилятор	1		
9		Циклон	1		
10		Гвинтовий конвеєр	1		
11		Бункер	1		
12		Циклон	1		
13		Гвинтовий конвеєр	1		
14		Гіпсоварний котел	1		
15		Холодильник	1		
16		Піч	1		
17		Всмоктувач диму	1		
18		Вентилятор	1		
19		Гвинтовий конвеєр	1		
20		Гвинтовий конвеєр	1		
21		Всмоктувач диму	1		
22		Електрофільтр	1		
23		Вентилятор	1		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Бондаренко			
Перев.					
Керівник		Карвацький			
Н.контр					
Затв.		Гондляр			
ЛП51(2).013115.001 –70СП					
Технологічна лінія виробництва будівельного гіпсу			Літ.	Аркуш	Арк
				2	5
			КПІ ім. Ігоря Сікорського		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітки
				<u>Документація</u>		
A2			<u>ЛП51(2).013112.002-70СК</u>	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Вал	1	
		2		Маятник	4	
		3		Ролик	4	
		4		Розмельне кільце	1	
		5		Хрестовина	1	
		6		Муфта	1	
		7		Лопатки	2	
		8		Балка	4	
		9		Хрестовина	1	
		10		Палець	4	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		11		Гвинт M16x120		
				ГОСТ 11738-84		
		12		Болт M20–6g x 260 (S30)	4	
				ГОСТ 7798-70		
		13		Гайка M20–6H.5 (S30)	4	
				ГОСТ 5915-70		
			ЛП51(2).013112.002-70СП			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Бондаренко				Розмельний вузол з модернізацією вузла підвісу маятника	
Перев.						
Керів.	Карвацький					
Н.конт						
Затв.	Гондляр					
					Літ	Аркуш
						Аркушів
					3	5
					КПІ ім. Ігоря Сікорського	

[illegible]

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіль- кість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ЛП51(2).013112.006 –70СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Кулачок	3	
		3		Губка	3	
		4		Ричаг	1	
		5		Втулка	1	
		6		Кришка	1	
		7		Кришка	1	
		8		Пневпопривід	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		9		Гвинт М4х14		
				ГОСТ 11738-84	6	
		10		Гвинт М3х12		
				ГОСТ 11738-84	8	
		11		Гвинт М6х33		
				ГОСТ 11738-84	10	
		12		Гвинт М4х20		
				ГОСТ 11738-84	18	
</						

ОСОБИСТІ ДОСЯГНЕННЯ

МПК(2019.01) B02C 15/08

Ролико-маятниковий млин

Корисна модель належить до подрібнювального обладнання, зокрема до відцентрових ролико-маятникових млинів, і може бути використана в хімічній, гірничорудній промисловості і промисловості будівельних матеріалів.

Відомий ролико-маятниковий млин, що містить корпус зі встановленим у ньому вертикальним валом з хрестовиною, на стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з циліндричними роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою циліндричною поверхнею розмельного кільця [пат. України № 127565U, МПК B02C 15/02, опубл. 10.08.2018]. Недоліком цього млина є низька ефективність подрібнення крупних та/або міцних частинок через утворення робочого проміжку між розмельним кільцем і роликами таким, що розширюється донизу. Крім того, існує ймовірність «проскакування» подрібнюваним матеріалом, більшим за потрібну крупність, зони подрібнення, що додатково знижує ефективність подрібнення.

Найбільш близьким за технічною сутністю до пропонованого рішення є ролико-маятниковий млин, що містить корпус, встановлений у ньому вертикальний вал з хрестовиною, на стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею розмельного кільця, а також встановлений над хрестовиною сепаратор [Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Москва: Высш. шк., 1971. С. 139, рис. 79].

На відміну від аналога, що розглянуто, зазначений млин забезпечує більш ефективне подрібнення, оскільки крупні частинки не захоплюються висхідним потоком повітря, а залишаються в робочій камері, додатково руйнуючись до потрібного розміру. Проте інтенсивність та ефективність руйнування матеріалу можна досягати лише змінюванням кутової швидкості вертикального вала, що звужує технологічні можливості млина.

В основу пропонованої корисної моделі покладено задачу вдосконалити ролико-маятниковий млин, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує регулювання зусилля дроблення, що діє на оброблюваний матеріал з боку роликів, не лише за рахунок змінювання кутової швидкості вертикального вала, а й за рахунок зміни довжини маятників і радіуса їх підвісу на стрижнях хрестовини, що розширює технологічні можливості млина.

Поставлена задача вирішується тим, що в ролико-маятниковому млині, що містить корпус, встановлений у ньому вертикальний вал з хрестовиною, на стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею розмельного кільця, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що шарніри маятників змонтовано з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів хрестовини, хрестовину закріплено на вертикальному валу з можливістю зміни її положення вздовж нього, а маятники виконано регульованої довжини.

Розташування шарнірів маятників з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів хрестовини, закріплення хрестовини на вертикальному валу з можливістю зміни її положення вздовж нього, а також виконання маятників регульованої довжини разом з кутовою швидкістю вертикального вала забезпечує широкі можливості щодо регулювання зусилля дроблення, що діє на оброблюваний матеріал з боку роликів. У свою чергу це дає змогу подрібнювати широкий клас матеріалів, що розширює технологічні можливості млина.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображено поздовжній розріз пропонованого млина.

Ролико-маятниковий млин містить споряджений живильником 1 корпус 2, встановлений у корпусі 2 вертикальний вал 3 з хрестовиною 4, на стрижнях 5 якої за допомогою шарнірів 6 підвішені маятники 7 з роликами 8 на їхніх нижніх кінцях. Ролики 8 встановлені з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею 9 розмельного кільця 10. Над хрестовиною 4 розташований сепаратор 11. При цьому шарніри 6 маятників 7 змонтовано з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів 5 хрестовини 4, хрестовину 4 закріплено на вертикальному валу 3 з можливістю зміни її положення вздовж нього, а маятники 7 виконано регульованої довжини, наприклад, телескопічними.

Млин працює в такий спосіб.

У корпус 2 живильником 1 подається матеріал, що підлягає подрібненню. Під час обертання вертикального вала 3 з хрестовиною 4 під дією відцентрової сили маятники 7 розходяться, і ролики 8 притискаються до внутрішньої поверхні 9 розмельного кільця 10. У результаті відбувається руйнування оброблюваного матеріалу між роликами 8 і розмельним кільцем 10. Подрібнений до потрібного ступеня матеріал захоплюється висхідним потоком повітря і в сепараторі 11 відокремлюється від нього, після чого видаляється за межі млина.

Пропонована корисна модель розширює технологічні можливості ролико-маятникового млина.

Заявник: Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Проректор з наукової роботи

М.Ю. Ільченко

Формула корисної моделі

Ролико-маятниковий млин, що містить корпус, встановлений у ньому вертикальний вал з хрестовиною, на стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею розмельного кільця, який **відрізняється** тим, що шарніри маятників змонтовано з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів хрестовини, хрестовину закріплено на вертикальному валу з можливістю зміни її положення вздовж нього, а маятники виконано регульованої довжини.

Заявник: Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Проректор з наукової роботи

М.Ю. Ільченко

Реферат

Ролико-маятниковий млин

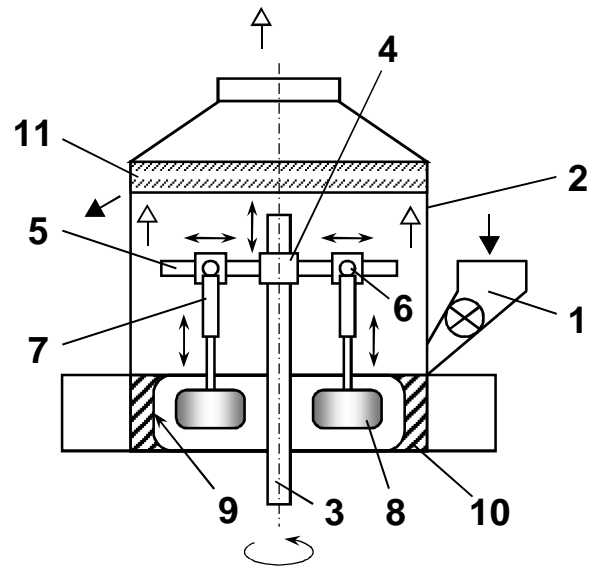
Корисна модель належить до подрібнювального обладнання, зокрема до відцентрових ролико-маятникових млинів, і може бути використана в хімічній, гірничорудній промисловості і промисловості будівельних матеріалів.

Пропонований ролико-маятниковий млин містить корпус, встановлений у ньому вертикальний вал з хрестовиною, на стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею розмельного кільця, при цьому шарніри маятників змонтовано з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів хрестовини, хрестовину закріплено на вертикальному валу з можливістю зміни її положення вздовж нього, а маятники виконано регульованої довжини.

Забезпечується регулювання зусилля дроблення, що діє на оброблюваний матеріал з боку роликів, не лише за рахунок змінювання кутової швидкості вертикального вала, а й за рахунок зміни довжини маятників і радіуса їх підвісу на стрижнях хрестовини, що розширює технологічні можливості млина.

1 н. п. ф-ли; 1 іл.

Ролико-маятниковый млин



Фіг.

Ролико-маятниковий млин

Бондаренко П.О., студ.; Щербина В.Ю., доц., д.т.н., Карвацький А.Я., проф., д.т.н.,
Мікульонюк І.О., проф., д.т.н.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано удосконалену конструкцію ролико-маятникового млина, яка забезпечує регулювання зусилля дроблення не лише за рахунок змінювання кутової швидкості вала, а й зміни довжини маятників і радіуса їх підвісу на хрестовині.

Авторами запропоновано конструкцію ролико-маятникового млина, яка істотно розширює технологічні можливості млина [1].

Ролико-маятниковий млин містить споряджений живильником 1 корпус 2, встановлений у корпусі 2 вертикальний вал 3 з хрестовиною 4, на стрижнях 5 якої за допомогою шарнірів 6 підвішені маятники 7 з роликами 8 на їхніх нижніх кінцях. Ролики 8 встановлені з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею 9 розмельного кільця 10. Над хрестовиною 4 розташований сепаратор 11. При цьому шарніри 6 маятників 7 змонтовано з можливістю зміни їхнього положення вздовж стрижнів 5 хрестовини 4, хрестовину 4 закріплено на вертикальному валу 3 з можливістю зміни її положення вздовж нього, а маятники 7 виконано регульованої довжини, наприклад, телескопічними (рис. 1).

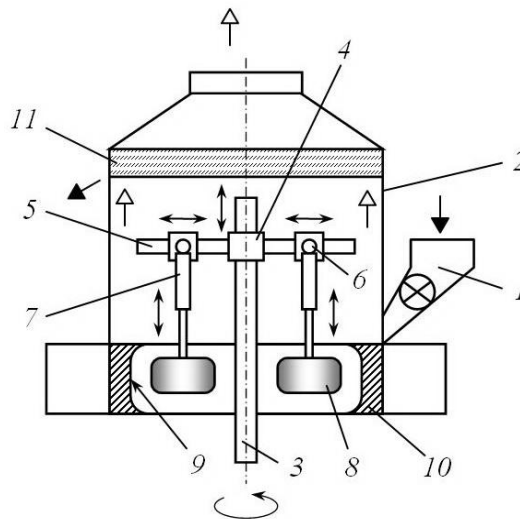


Рис. 1. Схема ролико-маятникового млина

У корпус 2 живильником 1 подається матеріал, що підлягає подрібненню. Під час обертання вертикального вала 3 з хрестовиною 4 під дією відцентрової сили маятники 7 розходяться, і ролики 8 притискаються до внутрішньої поверхні 9 розмельного кільця 10. У результаті відбувається руйнування оброблюваного матеріалу між роликами 8 і розмельним кільцем 10. Подрібнений до потрібного ступеня матеріал захоплюється висхідним потоком повітря і в сепараторі 11 відокремлюється від нього, після чого видаляється за межі млина.

Пропонована конструкція розширює технологічні можливості млина.

Література

1. Заявка u201903686, МПК(2019.01) B02C 15/08. Ролико-маятниковий млин / В. Ю. Щербина, А. Я. Карвацький, І. О. Мікульонюк, П. О. Бондаренко ; заявник – КПІ ім. Ігоря Сікорського ; дата подання 10.04.2019.

Оцінка впливу густини сировини на продуктивність маятникового млина

Бондаренко П.О., Сідоров Д.Е., к.т.н., доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Виконано оцінювання впливу густини сировини на продуктивність маятникового млина на прикладах

Маятниковий млин використовується для подрібнення м'яких, малої та середньої міцності порід (глини, гіпсу, крейди, графіту, звичайно, для кінцевого етапу подрібнення. Густина матеріалу та частота обертання вертикального валу млина напряму впливають на його продуктивність, тому для оцінки впливу прийнято використовувати наступну залежність [1]:

$$P_p = 1800 \cdot \pi \cdot D \cdot d \cdot n \cdot D_{сер} \cdot \mu \cdot \rho \cdot z.$$

На рис.1 наведена залежність потужності P_p , кг/год, від величини густини сировини ρ , кг/м³. Прийнято: діаметр кільця $D = 0,993$ м; діаметр ролика $d = 0,3$ м; середній розмір шматка $D_{сер} = 0,02$ м; частота обертання $n = (1; 1,5; 2)$ с⁻¹; коефіцієнт розпушування $\mu = 0,5$; кількість роликів $z = 4$. Значення величини густини матеріалу змінювалось від 1600 кг/м³ до 2000 кг/м³.

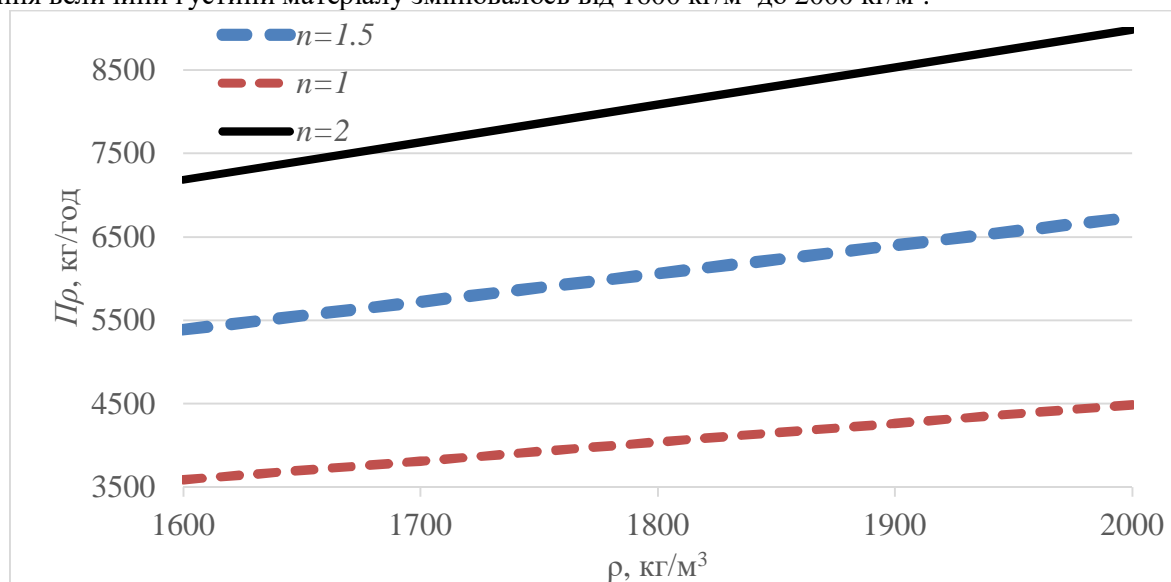


Рис.1. Залежність потужності P_p від густини ρ матеріалу.

При збільшенні значення густини матеріалу ρ від 1600 кг/м³ до 2000 кг/м³, значення величини продуктивності P_p збільшується в 1,25 рази. При збільшенні частоти обертання вертикального валу млина n від 1 с⁻¹ до 2 с⁻¹ продуктивність P_p збільшується в 1,33 разів, а для гіпсу ($\rho = 1600$ кг/м³) та для шамоту ($\rho = 1750$ кг/м³) різниця продуктивності складає 13 %.

Література

1. Коваленко, І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв.: Навч. посіб. / І.В Коваленко, В.В. Малиновський.- К.: «Воля-Інрес», 2006. – 100 с.
2. Сідоров Д.Е. Основи інженерних розрахунків на ПЕОМ. Програмування алгоритмічною мовою Фортран. 2-ге вид: Навч. посіб. / Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. – К.: «Центр учбової літератури», 2016 – 185 с.